



**Mariana Andreia da Silva Abreu      Produção de CDR a partir de resíduos industriais:  
da Silva Abreu                      Caso de estudo da Recivalongo**





**Mariana Andreia  
da Silva Abreu**

**Produção de CDR a partir de resíduos industriais:  
Caso de estudo da Recivalongo**

Relatório apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos, Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.



“Tenho em mim todos os sonhos do mundo”

Fernando Pessoa



## **O júri**

Presidente

Professora Doutora Ana Paula Duarte Gomes

Professora Auxiliar, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos

Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro  
(Orientador)

Professor Doutor Fernando José Neto da Silva,

Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro





## **Agradecimentos**

À Recivalongo, pela oportunidade.

À Eng.<sup>a</sup> Gabriela pela orientação, dedicação e paciência nestes meses de estágio.

Ao Eng.<sup>o</sup> Fernando, Sandra, Raquel e Miguel pela ajuda, apoio e acolhimento dado.

Ao Professor Doutor Manuel Arlindo Matos pela orientação, apoio e disponibilidade sempre demonstrada.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio e carinho em todos os momentos.

Aos meus amigos que nunca me deixaram desistir e acreditaram em mim.

Ao Carlos, por tudo!



## Palavras-chave

Gestão de resíduos, CDR, Combustíveis, Avaliação ciclo de vida, Balanço mássico e energético, Co-incineração, Cl, Humidade, PCI

## Resumo

A produção de combustível derivado de resíduos (CDR) resultou de uma decisão política que permitiu a instalação em Portugal de um significativo conjunto de processos, cuja avaliação técnico-económica e ambiental pode já ser feita.

Este trabalho faz uma avaliação técnica e ambiental da linha de produção de CDR da Recivalongo. A avaliação técnica consistiu na análise dos caudais de material que entraram na linha de produção, na quantidade de CDR produzido, contabilizando também os gastos de recursos da linha (energia e materiais auxiliares). A avaliação da qualidade de CDR produzido a partir do ensaio laboratorial representou também uma parte muito significativa do trabalho produzido. A avaliação ambiental foi efetuada com base na metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

Os resultados obtidos permitiram concluir que o processo da Recivalongo transforma 69% do material de entrada, recuperando 2% em metais ferrosos e rejeitando para aterro a restante fração de 29%.

As análises efetuadas ao CDR mostraram que apresenta um PCI compreendido entre 17 e 20 MJ/kg; o teor em cloro está compreendido entre 0,2 e 0,8%

Conclui-se que neste processo o parâmetro mais difícil de controlar é o teor em cloro no CDR, pois existe uma grande diversidade de resíduos com grandes quantidades de cloro na sua constituição e que por muitas vezes são difíceis de identificar e/ou separar na primeira fase do tratamento dos resíduos.

Da análise ciclo de vida efetuada à produção de CDR pode-se afirmar que esta operação de gestão de resíduos apresenta uma mais-valia quando comparada com a deposição dos resíduos em aterro, não sendo a diferença entre destinos tão significativa quanto o esperado.

Desta avaliação pode concluir-se que a instalação operou muito abaixo da sua capacidade, sendo esta considerada uma das melhores linhas de produção de CDR a nível nacional.



## Keywords

Waste management, RDF, Fuel, life cycle assessment, Mass and energy balance Co-incineration, CI, Moisture, HHV

## Abstract

The production of refuse derived fuel (RDF) resulted from a policy decision that allowed the installation in Portugal of a significant number of cases, which technical-economic and environmental assessment can already be made.

This report presents a technical e environmental assessment of the RDF production line Recivalongo.

The technical evaluation consisted of the analysis of material flows that entered the production line, in the amount of RDF produced, also accounting for the line expenditure of resources (energy and auxiliary materials). The evaluation of quality RDF produced from laboratory assay also represents a significant part of the work produced. The environmental assessment was made based on the methodology of Life Cycle Assessment (LCA).

The results showed that the Recivalongo process transforms 69% of the input material, recovering 2% in ferrous and rejecting to landfill the remaining fraction of 29%.

The lab analysis of the RDF showed that HHV comprised between 17 and 20 MJ/kg and the chlorine mass percent content is between 0,2% and 0,8%.

It follows that in this case the most difficult parameter to control is the chlorine content in the RDF, since there is a great variety of wastes containing large amounts of chlorine in its composition and which often are difficult to identify and / or separate as a first waste treatment phase.

Analysis of life cycle made the RDF production can be said that this practice is an added value compared with the deposition of waste in landfills, although the difference found was not so significative as expected.

This assessment can be concluded that the facility has operated well below its capacity, which is considered one of the best RDF production lines at national level.



## Índice

Índice de Figuras .....	iv
Índice de Tabelas .....	vi
Lista de abreviaturas .....	viii
Lista de Elementos Químicos e Formulas Químicas .....	x
Nomenclatura .....	xii
1 Introdução .....	1
1.1 Gestão de resíduos em Portugal. Sustentabilidade do uso de recursos.....	2
1.2 Estratégia para os combustíveis derivados de resíduos .....	4
1.3 Enquadramento legal geral para a produção e utilização de CDR .....	6
1.4 Origem/ Caracterização/ propriedades do CDR/CSR .....	10
1.5 Potencial do CDR em Portugal .....	11
1.6 Processos de preparação de CDR .....	12
1.7 Utilização de CDR .....	14
1.8 Objetivos do estudo .....	16
2 Caso de estudo - Recivalongo .....	17
2.1 Caracterização geral da Recivalongo .....	18
2.2 Caracterização do processo produtivo .....	18
2.2.1 Fossas de receção de resíduos .....	20
2.2.2 Sistema de alimentação .....	20
2.2.3 Trituração primária.....	21
2.2.4 Separação eletromagnética.....	22
2.2.5 Crivagem .....	22
2.2.6 Elutriação.....	23
2.2.7 Trituração secundária .....	24
2.2.8 Armazenamento do CDR .....	25
2.3 Operação .....	25
2.3.1 Alimentação da fossa à linha de transporte .....	25
2.3.2 Consumo de energia elétrica.....	26
2.3.3 Materiais auxiliares .....	26
2.3.4 Mão de obra.....	26
2.3.5 Problemas operacionais .....	27
3 Monitorização do processo produtivo.....	28
3.1 Resíduos para a produção de CDR.....	28
3.1.1 Rejeitados.....	28
3.1.2 Produção de CDR.....	29
3.2 Caracterização física e química.....	30
3.2.1 Humidade .....	30

3.2.2	Poder Calorífico Inferior .....	31
3.2.3	Teor em Cloro .....	31
3.3	Inventário.....	33
3.4	Resultados analíticos: representatividade e incerteza .....	35
3.5	Análise de viabilidade da produção de CDR .....	36
4	Análise, discussão e avaliação de desempenho.....	38
4.1	Resultados das análises ao CDR - Viabilidade técnica-económica da instalação da produção de CDR.....	38
4.2	Viabilidade técnica-económica da instalação da produção de CDR .....	39
4.3	Otimização da produção de CDR .....	42
5	Avaliação Ciclo de Vida para a produção de CDR.....	44
5.1	Objetivo e âmbito .....	45
5.2	Diagrama de processo .....	45
5.2.1	Parametrizações da produção de CDR.....	46
5.2.2	Descrição geral .....	47
5.3	Descrição específica .....	50
5.3.1	Ponte com garra .....	50
5.3.2	Corrente transportadora .....	51
5.3.3	Trituração primária.....	52
5.3.4	Crivagem.....	54
5.3.5	Classificação com ar (Separação de fases) .....	55
5.3.6	Trituração secundária .....	56
5.4	Materiais e processos auxiliares .....	57
5.4.1	Óleos e lubrificantes .....	57
5.4.2	Pá carregadora .....	58
5.4.3	Transporte em camião .....	59
5.5	Disposição Final.....	59
5.5.1	Deposição de refugo em aterro .....	59
5.6	Balanço global.....	60
5.7	Cenário alternativo .....	61
5.7.1	Deposição total em aterro.....	62
6	Conclusões e sugestões.....	65
	Referências bibliográficas .....	66
	Anexo A .....	68
	Anexo B .....	71
	Anexo C .....	85
	Anexo D.....	86
	Anexo E .....	89
	Anexo F .....	90



Anexo G.....	96
--------------	----

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Hierarquia das operações de gestão dos resíduos segundo a Diretiva 2008/98/CE. ....	1
Figura 1.2 - Potencial de produção de CDR a partir de RU previsto para 2013, em Portugal continental. ....	12
Figura 1.3 - Processo de fabrico de cimento com valorização energética do CDR.....	14
Figura 1.4 - Localização das instalações capazes de incorporar CDR. ....	15
Figura 2.1 - Logotipos das empresas.....	17
Figura 2.2 - Vista aérea do Centro Integrado de Tratamento e Valorização do Douro Norte .....	18
Figura 2.3 – Esquema do processo de produção de CDR na unidade da Recivalongo. ....	19
Figura 2.4 - Layout da fábrica .....	19
Figura 2.5 - Fossa de receção de resíduos.....	20
Figura 2.6 - Correia transportadora .....	21
Figura 2.7 - Pré triturador Júpiter 3200 .....	22
Figura 2.8 - Separador eletromagnético.....	22
Figura 2.9 – Crivo rotativo (Trommel) .....	23
Figura 2.10 - Classificador de ar Nihot.....	24
Figura 2.11 - Triturador final Komet 2800 .....	24
Figura 2.12 - Armazém de expedição .....	25
Figura 2.13 - Ponte com garra .....	26
Figura 3.1 – Aspeto do CDR à saída do processo.....	30
Figura 3.2 – Bomba calorimétrica .....	31
Figura 3.3 - Titulação para determinação da concentração do Cl na amostra .....	32
Figura 4.1 - Balanço mássico a uma unidade de produção de CDR.....	34
Figura 4.2 - Balanço energético a uma unidade de produção de CDR .....	34
Figura 4.1 - Triagem manual .....	42
Figura 6.2 - Diagrama do processo.....	48
Figura 6.3 - Contributo percentual para a pegada de carbono de cada processo.....	61
Figura 6.4 - Comparação entre os dois destinos em estudo .....	64



## Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Principais processos de tratamento de RS não perigosos. ....	2
Tabela 1.2 - Produção de Resíduos Urbanos em Portugal nos anos de 2007 a 2011 .....	3
Tabela 1.3 - Destino dos Resíduos Urbanos em 2011 .....	3
Tabela 1.4 - Eixos de intervenção e medidas de atuação previstos na Estratégia .....	5
Tabela 1.5 - Legislação nacional e comunitária relevante para a produção e utilização de CDR .....	7
Tabela 1.6 - Formas de CDR e descrição .....	10
Tabela 1.7 - Sistema de classificação dos CDR. ....	11
Tabela 1.8 - Tecnologia específica utilizada para a separação material do CDR – <i>Fluff</i> .....	13
Tabela 3.1 - Exemplo de mistura de resíduos que podem ser incorporados na produção de CDR. ....	28
Tabela 3.2 - Exemplos de materiais contendo cloro .....	29
Tabela 3.3 - Quantidades de resíduos processados e energia consumida e CDR produzido de 26 de Fevereiro a 25 de Março de 2013. ....	33
Tabela 3.4 - Resultados obtidos à análise de CDR produzido e analisados na Recivalongo .....	36
Tabela 4.1 - Resultados obtido a amostras recolhidas .....	38
Tabela 4.2 - Penalidades aplicadas. ....	39
Tabela 4.3 - Tabela de preços aplicada pela AVE .....	39
Tabela 4.4 - Tabela de preços aplicada pela AVE .....	40
Tabela 4.5 - Estimativa de preços do CDR .....	40
Tabela 4.6 - Avaliação de custos/receitas referente ao mês em estudo .....	41
Tabela 5.1 - Eficiência do processo de tratamento de RI .....	46
Tabela 5.2 - Regime de exploração .....	46
Tabela 5.3 – Balanço mássico e energético global à instalação .....	46
Tabela 5.4 – Conjunto de processos e materiais incluídos na análise ciclo de vida da preparação de CDR a partir do tratamento de resíduos industriais .....	49
Tabela 5.5 – Balanço mássico e energético global à instalação .....	50
Tabela 5.6 - Parâmetros para a ponte garra .....	50
Tabela 5.7 – Pegada de carbono do processo ponte garra.....	51
Tabela 5.8 - Parâmetros para a corrente transportadora.....	51
Tabela 5.9 – Pegada de carbono do processo de transporte em corrente transportadora .....	52
Tabela 5.10 - Parâmetros para a trituração primária .....	52
Tabela 5.11 – Pegada de carbono do processo trituração primária .....	53
Tabela 5.12 - Parâmetros para a crivagem.....	54
Tabela 5.13 – Pegada de carbono do processo crivagem.....	54
Tabela 5.14 - Parâmetros para a classificação .....	55
Tabela 5.15 – Pegada de carbono do processo classificação de fases .....	55
Tabela 5.16 - Parâmetros para a trituração secundária.....	56

Tabela 5.17 – Pegada de carbono do processo trituração secundária .....	57
Tabela 5.18 - Parâmetros para os óleos e lubrificantes.....	57
Tabela 5.19 – Pegada de carbono dos óleos e lubrificantes .....	58
Tabela 5.20 - Parâmetros para a pá carregadora.....	58
Tabela 5.21 - Contributo em carbono do uso da pá carregadora .....	58
Tabela 5.22 - Parâmetros para o transporte .....	59
Tabela 5.23 – Pegada de carbono do transporte por camião.....	59
Tabela 5.24 – Pegada de carbono da deposição do resíduo de refugo em aterro .....	60
Tabela 5.25 - Pegada de carbono do tratamento de resíduos industriais (processo global) .....	60
Tabela 5.26 - Processo incluídos na análise ciclo de vida da deposição de 1 ton de RI .....	62
Tabela 5.27 - Parâmetros gerais da giratória.....	62
Tabela 5.28 - Parâmetros gerais do dumper .....	63
Tabela 5.29 – Pegada de carbono da deposição de resíduos industriais (processo global) .....	63

## **Lista de abreviaturas**

APA – Agência Portuguesa do Ambiente  
AVE - Gestão Ambiental e Valorização Energética  
EU – União Europeia  
CDR – Combustíveis Derivados de Resíduos  
CE – Comunidade Europeia  
CEN – Comité Europeu de Normalização  
CSR – Combustíveis Sólidos Recuperados  
DL – Decreto-Lei  
FER – Fonte de Energia Renovável  
GEE – Gases de Efeito de Estufa  
LER – Lista Europeia de Resíduos  
NP – Norma Portuguesa  
PAPERSU – Plano de Ação de adequação do PERSU II  
PCI – Poder Calorífico Inferior  
PCS – Poder Calorífico Superior  
RCD – Resíduos de Construção e Demolição  
PERSU II – Plano Estratégicos para os resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016  
PVC - Policloreto de Vinilo  
RIB – Resíduos Industriais Banais  
PNGR – Plano Nacional de Gestão de Resíduos  
RI – Resíduos Industriais  
RM – Resíduos Metálicos  
RR – Resíduos de Refugo  
RS – Resíduos Sólidos  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
TGR – Taxa de Gestão de Resíduos  
TM – Tratamento Mecânico  
TMB – Tratamento Mecânico e Biológico  
VFV – Veículos em Fim de Vida



## Lista de Elementos Químicos e Formulas Químicas

C - Carbono

Cl - Cloro

H - Hidrogénio

Hg - Mercúrio

N - Azoto

O - Oxigénio

S - Enxofre

AgNO<sub>3</sub> - Nitrato de Prata

K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> - Dicromato de Potássio

KOH - Hidróxido de Potássio

O<sub>2</sub> - Oxigénio





## Nomenclatura

$C_{Cl}$	- Concentração de cloro na amostra de CDR	[%]
$PCI$	- Poder Calorífico Inferior	[MJ/kg CDR]
$PCS$	- Poder Calorífico Superior	[MJ/kg CDR]
$W_{WR}$	- Razão mássica da humidade numa mistura em base seca	[kg H <sub>2</sub> O/kg R bs]
$W_{ZR}$	- Fração mássica das cinzas numa mistura em base seca	[kg Z/kg R bs]
$P_{atm}$	- Pressão atmosférica	[Pa]





## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual confronta-se com uma situação de limite, na qual o crescimento da população, o consumismo, as alterações das condições climáticas, a degradação ambiental e as novas desigualdades sociais são agravados pelo facto de vivermos num planeta limitado em termos de recursos e de espaço.

Tendo em consideração todos estes acontecimentos foi elaborada em 2008 a Diretiva Quadro dos Resíduos (Diretiva n.º 2008/98/CE), que define a hierarquia dos destinos dos resíduos, segundo a qual a alternativa ideal corresponde a evitar ou reduzir, tanto quanto possível, a própria produção de resíduo (estratégia da prevenção). Não sendo viável evitar a produção de um resíduo, a alternativa a adotar será então a sua valorização. Esta alternativa pode traduzir-se na reintrodução do resíduo num ciclo produtivo, utilizando-o como matéria-prima para o fabrico do mesmo ou outro produto (reciclagem) ou para a produção de energia (valorização). Assim, a opção pelo tratamento e/ou deposição em aterro deve ser reservada aos casos em que não seja viável adotar formas de valorização.

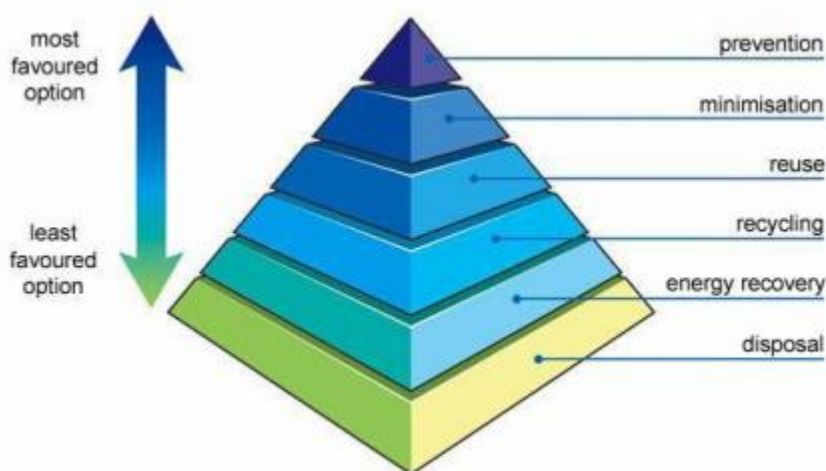


Figura 1.1 - Hierarquia das operações de gestão dos resíduos segundo a Diretiva 2008/98/CE.

Apresentam-se na tabela seguinte, as soluções mais frequentes para a gestão de resíduos sólidos (RS), dependendo da sua tipologia e natureza dos respetivos componentes.

Tabela 1.1 - Principais processos de tratamento de RS não perigosos. (Tchobanoglous, Theissen, & Vigil, 1993)

<b>Designação</b>	<b>Operação</b>	<b>Resíduo a tratar</b>
<b>Aterro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deposição controlada de resíduos.</li> <li>Permite a produção de biogás.</li> </ul>	Todos os resíduos
<b>Incineração</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queima controlada de resíduos.</li> <li>Redução de volume dos resíduos, eliminação de patogénicos e produção de energia.</li> </ul>	Todos os resíduos
<b>Reciclagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separação da fração limpa para processamento industrial e produção de novos produtos.</li> </ul>	Papel e cartão, Plásticos, Vidro e Metais
<b>Compostagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Degradação anaeróbia de matéria orgânica putrescíveis.</li> <li>Redução de volume dos resíduos e produção de matéria fertilizante.</li> </ul>	Fração orgânica putrescível: Resíduos alimentares, Resíduos de jardim.
<b>Digestão Anaeróbia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Degradação anaeróbia de matéria orgânica putrescíveis.</li> <li>Produção de biogás. O digerido, depois de compostado, dá origem a material fertilizante.</li> </ul>	Fração orgânica putrescível: Resíduos alimentares, Resíduos de jardim.
<b>Produção de CDR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separação da fração com elevado poder calorífico (FEPC) para posterior utilização como combustível.</li> <li>Produção de energia e recuperação de material.</li> </ul>	Fração combustível não reciclável: Papel e cartão, Plásticos e Têxteis.

## 1.1 GESTÃO DE RESÍDUOS EM PORTUGAL. SUSTENTABILIDADE DO USO DE RECURSOS

O regime geral de gestão de resíduos dado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, altera o regime geral da gestão de resíduos aprovado pelo Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro e transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos. É aplicável às operações de gestão de resíduos destinadas a prevenir ou reduzir a produção de resíduos, bem como a diminuição dos

impactes associados à utilização dos recursos, de forma a melhorar a eficiência da sua utilização e a proteção do ambiente e da saúde humana.

A gestão de resíduos é um conjunto de atividades de carácter operacional, técnico, administrativo e financeiro necessárias à deposição pelos utentes, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, incluindo o planeamento e a fiscalização dessas operações, bem como a monitorização dos locais de destino final, depois de se proceder ao seu encerramento. (APA, 2014)

Segundo dados da agência portuguesa do ambiente, APA, em 2011 foram produzidas em Portugal, 5.159 mil toneladas de RU, observando-se nesse ano um decréscimo de aproximadamente 6% face à produção de 2010. Verificou-se assim uma inversão da tendência de crescimento da produção de RU em Portugal, algo só esperado em 2012, de acordo com o plano. No entanto, tratando-se apenas de um ano de decréscimo, não será para já possível prever se esta será uma tendência a manter.

Tabela 1.2 - Produção de Resíduos Urbanos em Portugal nos anos de 2007 a 2011

Ano	2007	2008	2009	2010	2011
Produção RU (10 <sup>3</sup> t)	5.007	5.381	5.403	5.464	5.154
Evolução face ao ano anterior %	-	7,5 ↑	0,4 →	1,1 ↑	-5,7 ↓

Fonte: APA, 2014

No mesmo ano de 2011, o principal destino dos resíduos urbanos foi a deposição em aterro, 59%, como se verifica na tabela 1.3 abaixo apresentada, seguido da valorização energética com 21% e depois a valorização orgânica e material com restante fração.

Tabela 1.3 - Destino dos Resíduos Urbanos em 2011 (APA, 2014)

Destinos	%, 2011
Deposição direta em aterro	59
Valorização energética	21
Recolha seletiva material	9
Valorização orgânica (recolha indiferenciada)	9
Valorização orgânica (recolha seletiva)	2

As políticas de gestão de resíduos numa tentativa da maior valorização possível dos resíduos têm vindo a implementar várias soluções e tecnologias de tratamento. Como resultado desses processos resultam fluxos passíveis de valorização, que quando

apresentam determinadas características físico-químicas, constituem um potencial de valorização energética na forma de combustíveis derivados de resíduos (CDR).

Na última década, a produção e utilização de CDR fazem parte das operações de gestão de resíduos, sendo um dos pontos de interesse do sector industrial (indústria do cimento, pasta de papel e cerâmica), produção de energia e gestão de resíduos.

## **1.2 ESTRATÉGIA PARA OS COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE RESÍDUOS**

O Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II) apresenta o desvio do aterro de resíduos passíveis de valorização e reciclagem e avança com várias soluções técnicas e infra estruturas de tratamento de resíduos sólidos, das quais se destacam o tratamento mecânico (TM), mecânico-biológico (TMB) e a capacidade de valorização orgânica, permitindo assim o desvio de biorresíduos e outros recicláveis do aterro. Em resultado destas aplicações resulta a produção de rejeitados e refugos com um potencial de valorização, através de produção de CDR. Os resíduos que contêm um potencial de produção de combustíveis derivados de resíduos (CDR) podem substituir os combustíveis fósseis, conseguindo-se assim vantagens ambientais, económicas e energéticas.(Despacho nº 21295/2009)

A estratégia para os combustíveis derivados de resíduos surge então em complemento do (PERSU II), apresenta o enquadramento para a produção e utilização de CDR, visando a promoção da hierarquia de gestão de resíduos, valorizando as frações de refugo das unidades de triagem, TM e TMB de resíduos urbanos. A possibilidade de incorporação de frações de outros resíduos não perigosos, como resíduos industriais, resíduos de demolição e construção e resíduos enquadrados na gestão de fluxos específicos é uma ambição da estratégia, maximizando sinergias entre fileiras e fluxos de resíduos.(Despacho nº 21295/2009)

A estratégia abrange um período de 2009 a 2020 para Portugal Continental. A produção de CDR era estimada para 2013, ano em que se previa estarem em funcionamento todas as unidades de TMB previstas no PERSU II, em 950 mil e 1,2 milhões de toneladas.

Neste contexto, e tendo em conta a visão na valorização do CDR como um recurso, foram traçados quatro eixos de intervenção com as respetivas metas de atuação associadas num horizonte temporal, como se apresenta na tabela 1.4. (Despacho nº 21295/2009)

A utilização de CDR é regulada por requisitos de natureza técnica, ambiental e económica, destacando-se nestas circunstâncias a Norma Portuguesa (NP) 4486, referente aos



“Combustíveis Derivados de Resíduos – Enquadramento para a produção, classificação e gestão da qualidade”, de Dezembro de 2008. (Despacho nº 21295/2009)

A estratégia para os CDR integra um instrumento da política de ambiente e energia, com um contributo para a gestão sustentada de resíduos e recursos, através da diversificação de fontes de energia e do aproveitamento de recursos endógenos. (Despacho nº 21295/2009)

Tabela 1.4 - Eixos de intervenção e medidas de atuação previstos na Estratégia

	Eixos de Intervenção	Medidas de Actuação	Horizonte	Responsabilidade
I	Potenciar a valorização dos resíduos e utilização de recursos energéticos endógenos de modo a minimizar a quantidade de resíduos a depositar em aterro	1. Assegurar o cumprimento do PERSU II no que respeita a infra-estruturas de gestão de resíduos	Final 2010	Sistemas de Gestão de RU
		2. Potenciar a valorização da fracção resto e otimizar a produção de CDR	Final 2012	Sistemas de Gestão de RU
		3. Fortalecer os instrumentos económicos e financeiros	Final 2012	Administração Central
		4. Inibir a deposição de CDR em aterro	A partir 2013	Administração Central e Regional
II	Assegurar a harmonização na oferta e na procura de CDR	1. Evidenciar compromissos formais para a valorização de CDR	Final 2009	Sistemas de Gestão de RU
		2. Reforçar os instrumentos legais e de regulação	A partir 2010	Administração Central e Regional
		3. Promover a simplificação administrativa no licenciamento da produção de CDR	2009 - 2020	Administração Regional
III	Concretizar o princípio da auto-suficiência e da proximidade	1. Concretizar o princípio da auto-suficiência e da proximidade	2009 - 2020	Administração Central
IV	Desenvolver o conhecimento e a inovação tecnológica promovendo a competitividade e a qualificação dos intervenientes	1. Desenvolver ensaios e estudos	2009 - 2020	APA, Sistemas de Gestão de RU
		2. Promover acções de informação, sensibilização e comunicação		Administração Central e Regional, Associações do Sector Industrial
		3. Assegurar a monitorização e recolha de informação		Administração Central
		4. Acompanhar e participar no desenvolvimento da matéria a nível comunitário		Administração Central

### **1.3 ENQUADRAMENTO LEGAL GERAL PARA A PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CDR**

Existem vários diplomas a nível nacional e comunitário, no contexto da Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos, aplicáveis à produção e utilização de CDR. Na tabela seguinte são apresentados os diplomas legais aplicáveis.

Tabela 1.5 - Legislação nacional e comunitária relevante para a produção e utilização de CDR (Despacho no 21295/2009)

Âmbito		Enquadramento Nacional	Enquadramento Comunitário
Legislação transversal relativa a gestão de resíduos	Regime geral da gestão de resíduos	<b>Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro</b>  Aprova o regime geral da gestão de resíduos, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, e a Directiva n.º 91/689/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro  A transpor para o direito interno.	<b>Directiva 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril</b>  Relativa aos resíduos  <b>Directiva 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro</b>  Relativa aos resíduos e que revoga certas directivas
	Classificação de resíduos e de operações de valorização e eliminação de resíduos	<b>Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março</b>  Aprova a Lista Europeia de Resíduos	<b>Decisão 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de Maio, conforme alterada</b>  Estabelece uma lista de resíduos e uma lista de resíduos perigosos
	Transporte interno de resíduos	<b>Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio</b>  Fixa as regras a que fica sujeito o transporte de resíduos dentro do território nacional	—
	Movimento transfronteiriço de resíduos	<b>Decreto-Lei n.º 45/2008, de 11 de Março</b>  Assegura a execução e garante o cumprimento, na ordem jurídica interna, das obrigações decorrentes para o Estado Português do Regulamento (CE) n.º 1013/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Junho de 2006, relativo a transferências de resíduos	<b>Regulamento (CE) n.º 1013/2006, do parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Junho</b>  Relativo a transferências de resíduos
Operações de gestão de resíduos	Incineração	<b>Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de Abril</b>  Estabelece o regime legal da incineração e co-incineração de resíduos, transpondo a Directiva Incineração	<b>Directiva 2000/76/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro</b>  Relativa à incineração de resíduos
	Aterro	<b>Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio (em revisão)</b>  Estabelece o regime jurídico a que fica sujeito o procedimento para a emissão de licença, instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros destinados à deposição de resíduos e procede à transposição para a ordem jurídica nacional da Directiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterros	<b>Directiva 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril</b>  Relativa à deposição de resíduos em aterros

Âmbito		Enquadramento Nacional	Enquadramento Comunitário
Fluxos específicos de resíduos e outros resíduos	Embalagens	Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro, conforme alterado pelo Decreto-Lei n.º 162/2000, de 27 de Julho, e pelo Decreto-Lei n.º 92/2006, de 25 de Maio  Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2004/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro, relativa a embalagens e resíduos de embalagens	Directiva 94/62/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro, conforme alterada pela Directiva 2004/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro de 2004  Relativa a embalagens e resíduos de embalagens
	Veículos em Fim de Vida (VfV)	Decreto-Lei n.º 196/2003, de 23 de Agosto, conforme alterado pelo Decreto-Lei n.º 64/2008, de 8 de Abril  Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2000/53/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Setembro, relativa aos veículos em fim de vida	Directiva 2000/53/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Setembro  Relativa aos veículos em fim de vida
	Pneus	Decreto-Lei n.º 111/2001, de 6 de Abril, conforme alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2004, de 2 de Março  Estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de pneus e pneus usados	—
Fluxos específicos de resíduos e outros resíduos	Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE)	Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro, conforme alterado pelo Decreto-Lei n.º 174/2005, de 25 de Outubro  Estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE), transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2002/95/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, e a directiva n.º 2002/96/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003	Directiva 2002/96/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro, conforme alterada pela Directiva 2003/108/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Dezembro  Relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE)  Directiva 2002/95/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003  Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos
	Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março  Aprova o regime da gestão de resíduos de construção e demolição	—
Legislação complementar	Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP)	Decreto-Lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto  Relativo à prevenção e controlo integrados da poluição (PCIP), transpõe a Directiva 2008/1/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Janeiro	Directiva 2008/1/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Janeiro  Relativa à prevenção e controlo integrados da poluição
	Avaliação de Impacte Ambiental (AIA)	Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de Maio, conforme alterado pelo Decreto-Lei n.º 197/2005, de 8 de Novembro  Transpõe parcialmente para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2003/35/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de Maio	Directiva 85/337/CEE do Conselho de 27 de Junho, conforme alterada pela Directiva 2003/35/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de Maio  Relativa à avaliação dos efeitos de determinados projectos públicos e privados no ambiente

Âmbito		Enquadramento Nacional	Enquadramento Comunitário
Regulamentação relativa a energia		<b>Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro</b> Aprova a estratégia nacional para a energia	
	Fontes de energia renováveis		<b>Directiva 2001/77/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Setembro</b> Relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade
			<b>Directiva 2009/28/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009</b> Relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE
			<b>COM(1997)599 - Comunicação da Comissão sobre Energia para o Futuro: Fontes de Energias Renováveis (26.11.1997)</b> Livro Branco para uma Estratégia e um Plano de Acção Comunitários
		<b>Decreto-Lei n.º 225/2007, de 31 de Maio</b> Concretiza um conjunto de medidas ligadas às energias renováveis previstas na estratégia nacional para a energia, estabelecida através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005 de 24 de Outubro	
		<b>Resolução do Conselho de Ministros n.º 63/2003, de 28 de Abril</b> Aprova as orientações da política energética portuguesa e revoga a Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001 de 19 de Outubro	
		<b>Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro</b> Estabelece o regime da actividade de co-geração	
		<b>Decreto-Lei n.º 189/88, de 18 de Maio, com a redacção dada pelo Decreto-Lei n.º 168/99, de 18 de Maio</b> Revê o regime aplicável à actividade de produção de energia eléctrica, no âmbito do Sistema Eléctrico Independente, que se baseie na utilização de recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos	
		<b>Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de Dezembro</b> Define o regime de gestão da capacidade de recepção de energia eléctrica nas redes do Sistema Eléctrico de Serviço Público proveniente de centros electroprodutores do Sistema Eléctrico Independente	

#### 1.4 ORIGEM/ CARACTERIZAÇÃO/ PROPRIEDADES DO CDR/CSR




Entende-se por Combustíveis Derivados de Resíduos, CDR, os combustíveis sólidos recuperados e preparados a partir de resíduos não perigosos, cuja utilização visa a recuperação de energia em unidade de incineração e co-incineração. (NP 4486)

Os resíduos não perigosos que dão origem ao CDR podem ser resíduos urbanos, resíduos industriais banais, resíduos de construção e demolição e resíduos de veículos em fim de vida. É classificado segundo a LER pelo código 19 12 10 - Resíduos combustíveis (combustíveis derivados de resíduos).

O CDR é especificado segundo o código da classe, a sua origem, a forma das partículas, o teor em cinzas e humidade, PCI, e as propriedades químicas. Existem ainda especificações voluntárias que caracterizam o CDR cuja especificação não é obrigatória.

Segundo a sua forma o CDR pode ser classificado em três formas: Fluff, Pellets e Briquette, como apresentado na tabela abaixo.

Tabela 1.6 - Formas de CDR e descrição

Forma	Descrição	Exemplo
Fluff	Partículas soltas de densidade baixa que que podem ser transportadas pelo ar.	
Pellets	Aglomerado de material solto (disco, cubo ou cilindro), com diâmetro inferior a 25 mm.	
Briquette	Aglomerado de material solto (bloco ou cilindro), com diâmetro superior a 25 mm.	

De acordo a especificação técnica CEN/TS 15359:2006, a qualidade do CDR é avaliada através da análise de três parâmetros: Poder Calorífico Inferior (PCI) (parâmetro económico), teor de cloro (Cl) (parâmetro técnico) e teor em Hg (parâmetro ambiental). O



sistema de classificação apresenta valores limite para cada uma das cinco categorias em que é dividido. A tabela seguinte apresenta os valores limites para cada parâmetro que classifica um CDR.

Tabela 1.7 - Sistema de classificação dos CDR.

Parâmetro	Medida Estatística	Unidade	Classes				
			1	2	3	4	5
PCI	Média	MJ/kg (tal como recebido)	$\geq 25$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 10$	$\geq 3$
Teor em Cl	Média	% (base seca)	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 3$
Teor em Hg	Mediana	mg/MJ (tal como recebido)	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\leq 0,50$
	Percentil 80	mg/MJ (tal como recebido)	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	$\leq 1,00$

Fonte: NP 4486 de 2008

Um CDR com características ideais deve apresentar um elevado aproveitamento energético na sua combustão (parâmetro PCI), baixo efeito de corrosão dos órgãos da caldeira de combustão (parâmetro Cl) e baixos níveis de emissão (parâmetro Hg).

A exemplificar, um CDR com um valor médio de PCI de 19 MJ/kg, tal como recebido, com uma percentagem de 0,5 % de Cl, base seca, e uma mediana de 0,016 mg Hg/MJ, tal como recebido, e 0,05 mg/MJ de valor percentil de Hg é classificado como PCI 3; Cl 2; Hg 2. Apesar da mediana do parâmetro teor em Hg classificasse o CDR como classe 1, o valor percentil 80 de Hg classifica-o na classe 2, uma vez que prevalece o maior dos dois valores estatísticos encontrados. Para além destes três parâmetros, um CDR para garantir a sua qualidade e as suas propriedades tem de cumprir a Norma Portuguesa e, consequentemente, a Norma CEN/TS (NP 4486 de 2008).

## 1.5 POTENCIAL DO CDR EM PORTUGAL

Em 2009, estimava-se que no ano de 2013 a produção de CDR estivesse no seu pleno (aquando a entrada em funcionamento das novas unidades de TM e TMB previstas no PERSU II) e que fossem produzidas 950 mil a 1,2 milhões de toneladas de CDR, através dos rejeitados e dos refugos das unidades de triagem, TM e TMB de resíduos urbanos. Esta estimativa teve por base as projeções apresentadas nos PAPERSU, em termos de produção e destino dos resíduos, assim como os cálculos indicados no PERSU II.

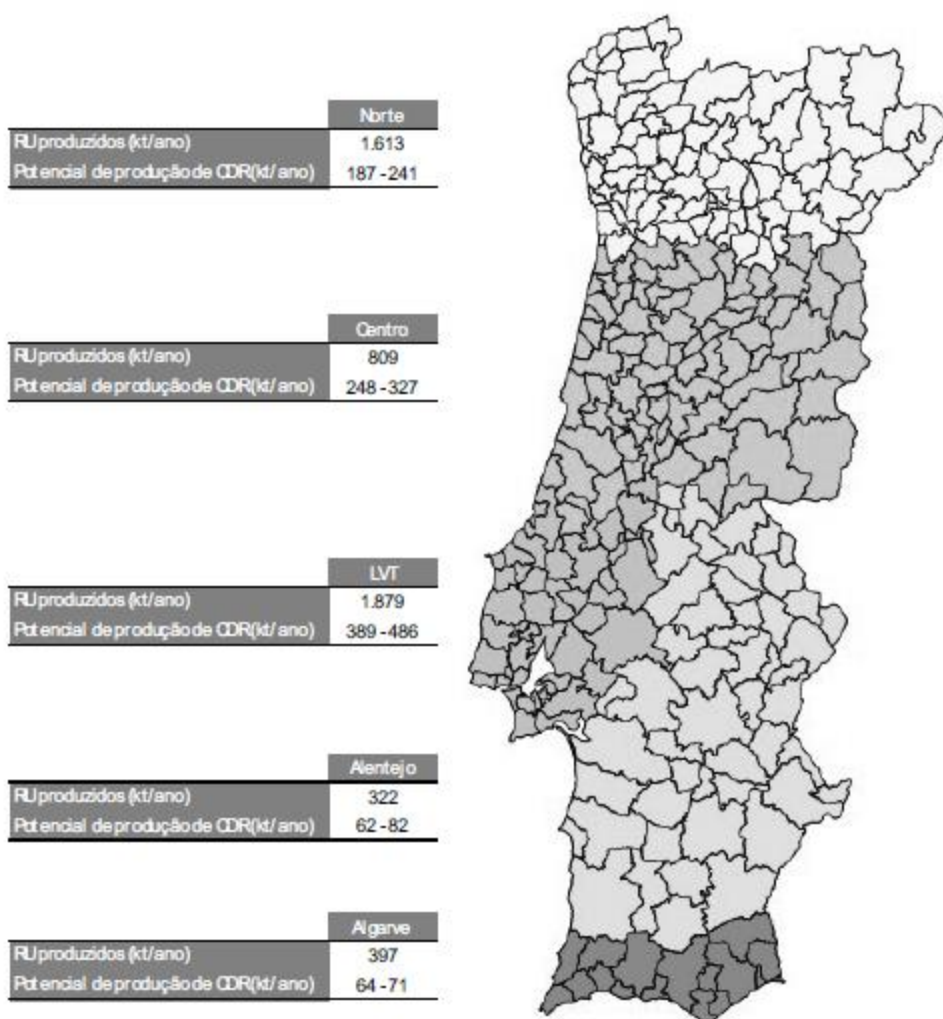


Figura 1.2 - Potencial de produção de CDR a partir de RU previsto para 2013, em Portugal continental.  
(Despacho nº 21295/2009)

Como se verifica na figura acima apresentada, a região de Lisboa e Vale do Tejo é a que apresenta maior potencial de produção, 41%, seguida das regiões do norte e centro do país com um potencial de produção de 20 e 26%, respetivamente. As regiões do Alentejo e Algarve apresentam um baixo potencial de produção, de cerca de 7%. Todos estes valores são relativos à produção de CDR a partir de RU, ao que aos valores apresentados pode ser acrescido os quantitativos relativos a CDR produzido de resíduos não urbanos.

## 1.6 PROCESSOS DE PREPARAÇÃO DE CDR

A produção de CDR tem como principal etapa a separação dos resíduos com propriedades físico-químicas passíveis de valorização energética. Este pode ser obtido, como já referido



anteriormente, a partir de resíduos sólidos não perigosos, tais como RSU, RIB, RCD ou VFV. A principal diferença nos processos produtivos deve-se à presença ou não de matéria orgânica fermentável (putrescível).

Nos casos onde não há presença de matéria orgânica, a produção de CDR consiste em sequências de operações unitárias de TM com a finalidade de reduzir a granulometria, remoção de inertes e possíveis contaminantes.

Na presença de matéria orgânica, como é o caso da produção de CDR a partir da fração de RSU, distinguem-se dois métodos: TMB e bioestabilização. No TMB a porção orgânica não incorpora o CDR, enquanto no segundo método, os orgânicos fazem parte do CDR produzido.

Tabela 1.8 - Tecnologia específica utilizada para a separação material do CDR –*Fluff* (<http://residuos-industriais.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=3610>)

Nome	Princípio de separação	Separação	Aplicação
Crivo de tambor	Granulometria do material	Finos / médio / grosso	Centros de triagem <b>Produção de CDR</b> Centrais de compostagem
Tela vibratória	Peso específico do material	Leve / pesado	Centros de triagem <b>Produção de CDR</b> Centrais de compostagem
Separador de cascata	Propriedades de impacto	Duros/macios	Separação de inertes do composto
Ciclones	Peso específico	Ferro/outros materiais: papel, plástico	Centros de triagem <b>Produção de CDR</b>
Separador magnético	Magnetismo	Ferro	Centros de triagem <b>Produção de CDR</b> Centrais de compostagem
Separador de não ferrosos	Corrente de <i>Eddy</i>	Metais não ferrosos	Centros de triagem <b>Produção de CDR</b> Centrais de compostagem

## 1.7 UTILIZAÇÃO DE CDR

A utilização de CDR tem despertado interesse no sector industrial em Portugal, mais concretamente na indústria cimenteira, pasta de papel e cerâmica, e também nos sectores de produção de energia e gestão de resíduos. Estes sectores vêem no CDR a oportunidade de diminuir os seus custos com combustíveis, tendo o CDR de ser processado de acordo com as especificações técnicas da indústria onde será incinerado ou co-incinerado.

O CDR pode ser usado em fornos rotativos, caldeiras de grelha, caldeiras de leito fluidizado e gasificadores (Dias, S. et al., 2006).

De forma a poder ser utilizado como combustível alternativo, o CDR tem de cumprir alguns requisitos, como é o caso do PCI, teor em humidade, e teor em cloro. Todos estes requisitos são verificados através de métodos de análise reconhecidos nas correspondentes especificações técnicas (CEN/TS) e pela Norma Portuguesa (NP 4486 de 2008).

O CDR foi em 2010 o combustível alternativo mais usado pelas cimenteiras da Secil (Abreu, C., 2011).

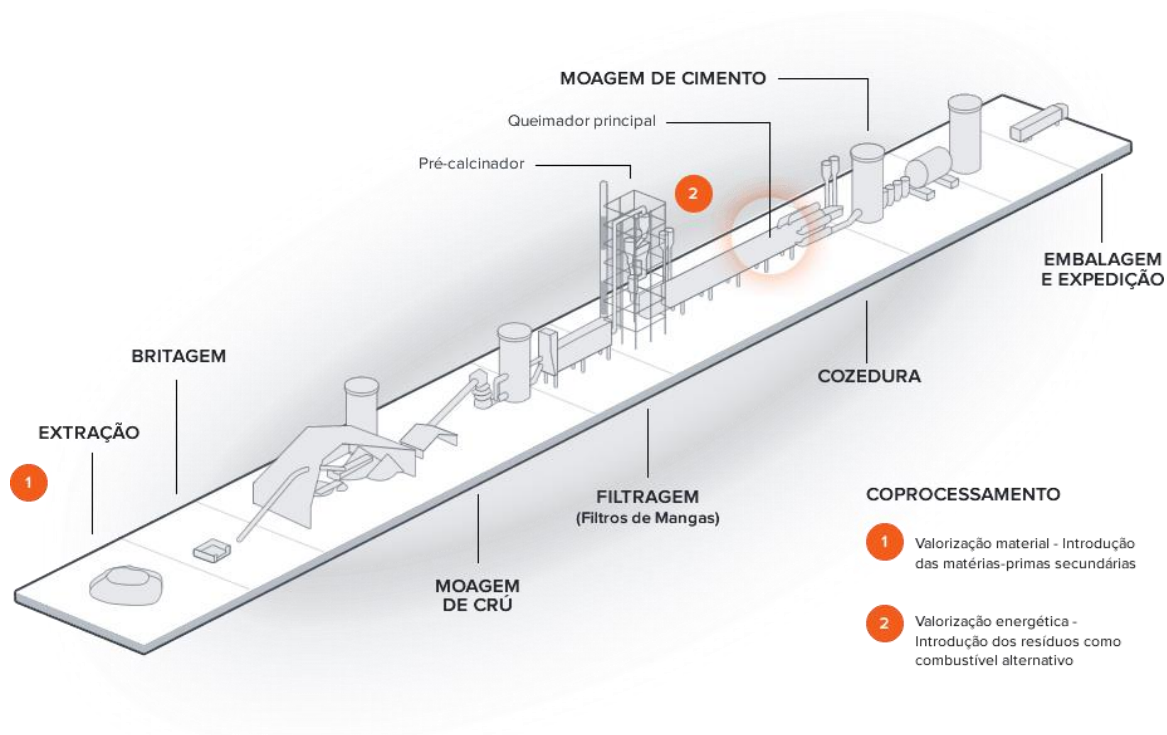


Figura 1.3 - Processo de fabrico de cimento com valorização energética do CDR.

(<http://www.ave.pt/03coprocessamento/>)

Para além das cimenteiras existem outros sectores com potencial para a utilização de CDR como são exemplo as centrais termoelétricas, as empresas de pasta e papel, as cerâmicas e unidades de cogeração (Dias, S. et al., 2006).

Grande parte das unidades capazes de incorporar CDR como combustível alternativo estão localizadas no centro e zona da grande Lisboa, pelo que faz com que os produtores deste combustível se localizem também nessas zonas de envolvimento.

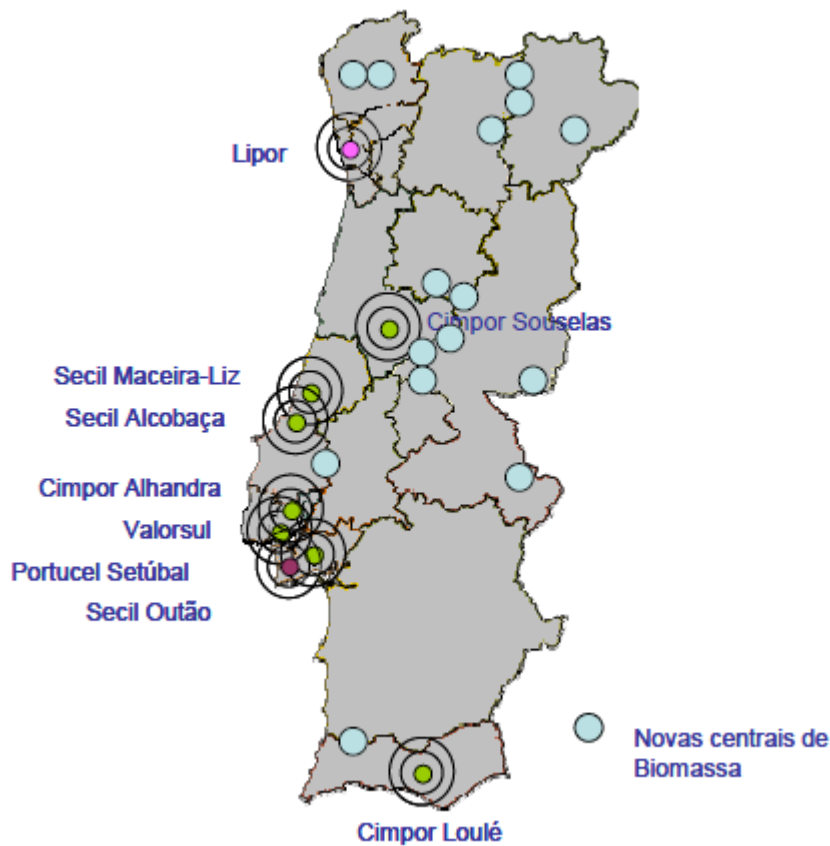


Figura 1.4 - Localização das instalações capazes de incorporar CDR (Dias, S. et al., 2006).

## **1.8 OBJETIVOS DO ESTUDO**

Este trabalho decorre no âmbito da realização de um estágio proposto por uma entidade operadora na área do tratamento de resíduos industriais não perigosos: a Recivalongo. Os objetivos a realizar incluem a caracterização da Recivalongo: identificação da natureza e quantidade dos resíduos com que opera, dos produtos que dá origem, caracterização física e laboratorial desses produtos, proceder ao balanço mássico e energético à instalação, e avaliação da viabilidade técnica-económica da instalação da produção de CDR.

Esta caracterização deverá permitir obter informação para efetuar uma avaliação de ciclo de vida para a produção/aplicação de CDR.

## 2 CASO DE ESTUDO - RECIVALONGO

O Centro Integrado de Tratamento e Valorização do Douro Norte é constituído por duas empresas, a Retria – Gestão e tratamento de resíduos de construção e demolição, Lda, dedicando-se à triagem e reciclagem de RCD, e pela Recivalongo – Gestão de resíduos, Lda. dedicado à produção de CDR e à deposição de resíduos industriais em aterro.



Figura 2.1 - Logotipos das empresas

A Recivalongo – Gestão de Resíduos LDA, é uma empresa que pertence ao grupo económico CAE 38112, está licenciada como operador na área da gestão de resíduos industriais, encontra-se em Valongo, distrito do Porto, e iniciou atividade em 2012. Neste âmbito dispõe de duas unidades produtivas: uma que recebe e trata resíduos não perigosos através de um processo de valorização e outra que procede à receção e deposição de resíduos não perigosos em aterro.

No âmbito do processo de valorização de resíduos não perigosos, a de produção de combustível Derivado de Resíduos (CDR), destacando-se pelo processo inovador de produção de Combustíveis Sólidos Recuperados, CSR, um combustível de substituição compatível com os principais sistemas de combustão, nomeadamente, para a indústria cimenteira, papel e metalúrgica. Apesar disto, e por razões relacionadas com a contrapartida financeira recebida pela venda do CDR, esta unidade apenas operou durante 6 meses, encontrando-se com a atividade suspensa.

A construção da unidade de valorização foi financiada com verbas do programa QREN no valor de 3 475 752 €.

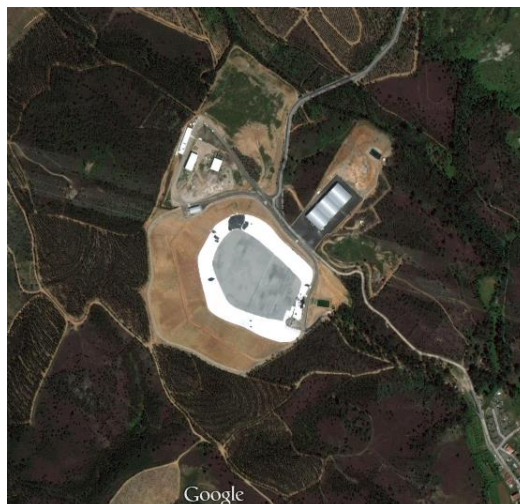


Figura 2.2 - Vista aérea do Centro Integrado de Tratamento e Valorização do Douro Norte

## **2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA RECIVALONGO**

No ano de 2013, e apenas até ao final de Maio, mês em que a fábrica deixou de laborar, a Recivalongo recebeu nas suas instalações aproximadamente 2500 toneladas de resíduos, todos de origem industrial, encaminhados para preparação de CDR, tendo comercializado nesse mesmo ano 1740 toneladas de CDR.

A instalação destinada à produção de CDR é uma unidade industrial que ocupa uma área coberta de 1000 m<sup>2</sup> e inclui uma linha de equipamentos de tratamentos de resíduos desenvolvidos pelo fabricante austríaco LINDNER, estando licenciada para receber vários tipos de resíduos de acordo com o código LER que podem ser consultados na sua licença de exploração e que se encontram listados no anexo A.

Quando o resíduo não apresenta características com viabilidade para produção de CDR é encaminhado para o aterro, que está também licenciado para receber resíduos de acordo com grande parte dos códigos LER existentes e que são apresentados no anexo B deste relatório.

## **2.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO**

O processo produtivo instalado inclui um conjunto de equipamentos que operam em série a partir de resíduos industriais com potencial de aproveitamento para produção de CDR. A Figura 2.3 ilustra as diferentes componentes do processo.

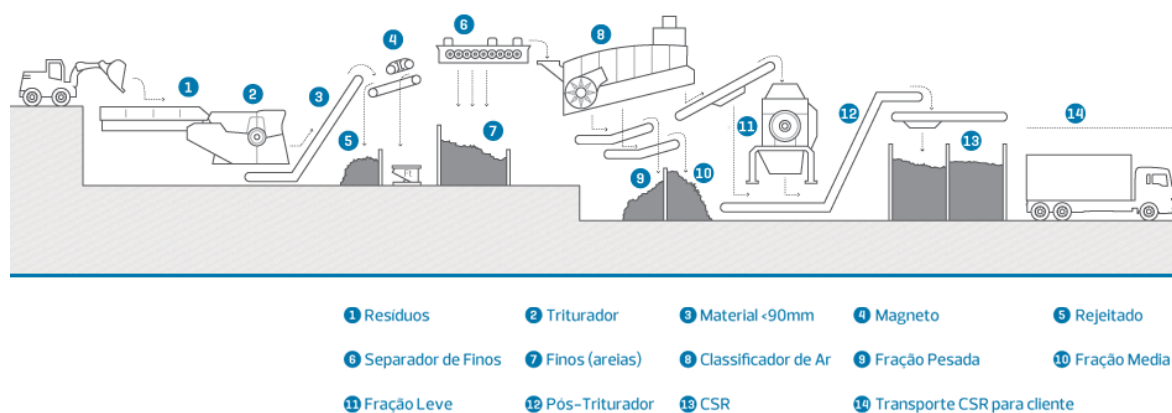


Figura 2.3 – Esquema do processo de produção de CDR na unidade da Recivalongo.  
(<http://www.recivalongo.pt/a3.php>)

O layout do processo está representado na Figura 2.4. As subsecções seguintes caracterizam de forma mais pormenorizada os diferentes componentes do processo produtivo.

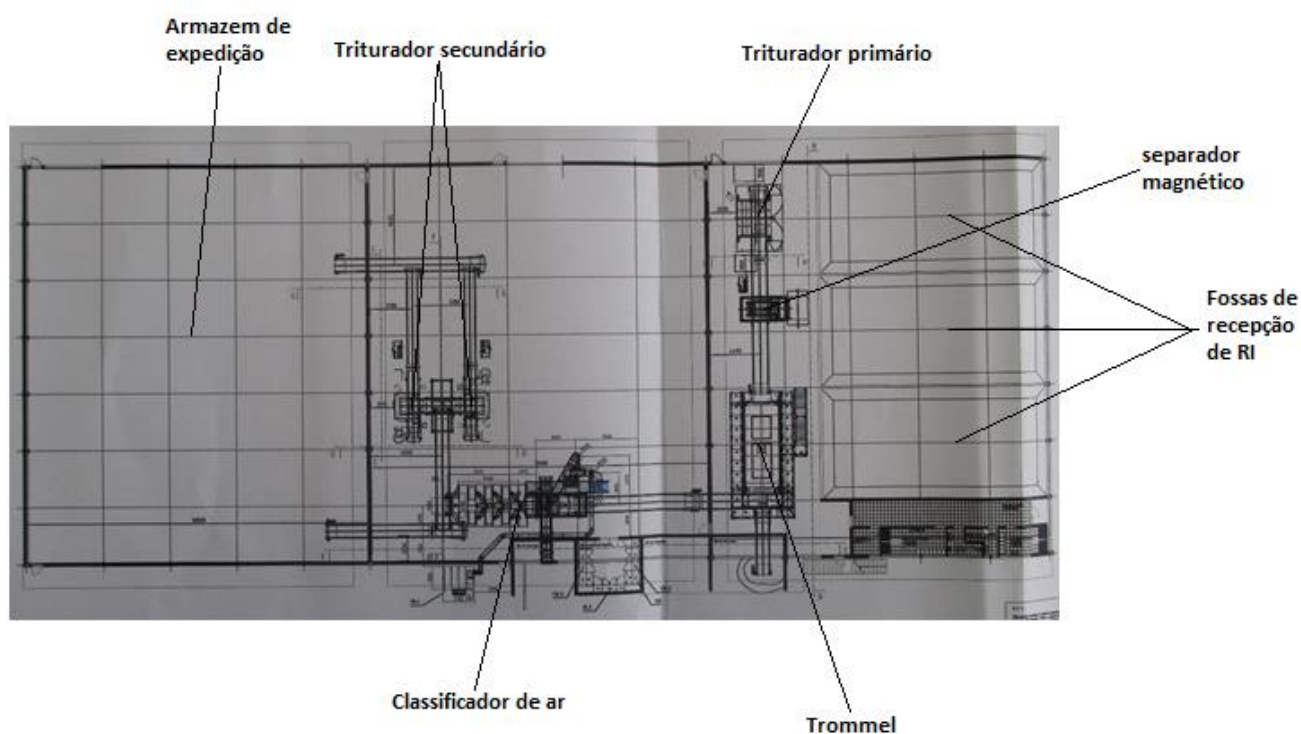


Figura 2.4 - Layout da fábrica



### *2.2.1 FOSSAS DE RECEÇÃO DE RESÍDUOS*

A receção dos resíduos é realizada numa zona onde os resíduos, após transporte em contentores, serão descarregados em local próprio, devidamente impermeabilizado e com drenagem de efluentes. Durante a receção é efetuado um registo de dados e informações, através dum sistema de informação de gestão de resíduos. As viaturas são encaminhadas, em função do tipo de material que transportam, para o respetivo fosso, procedendo-se à descarga direta do mesmo. Existem três fossos separados com o objetivo de proceder a uma triagem inicial dos resíduos rececionados. É feita uma inspeção visual das carga à entrada e indicado o fosso mais indicado para a sua descarga. Tem a capacidade de armazenar 300 m<sup>3</sup> de resíduos cada.



Figura 2.5 - Fossa de receção de resíduos

### *2.2.2 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO*

Este equipamento está associado ao fosso onde se encontra uma mesa de alimentação de piso móvel com capacidade de alimentação de 15 toneladas de resíduos por hora, que promove a movimentação de resíduos para o triturador, para resíduos com tamanho máximo de 1,0x1,0x2,0 metros.

Este equipamento BC1400 da marca Austríaca LINDNER tem a capacidade de transferência de 15/20 ton/h de material com uma potência de 11 kW.





Figura 2.6 - Correia transportadora

### 2.2.3 TRITURAÇÃO PRIMÁRIA

Os resíduos provenientes da zona de alimentação são descarregados no pré-triturador. Este equipamento promove uma redução efetiva da granulometria dos resíduos, aumentando o grau de homogeneização e do rendimento das fases seguintes. O pré-triturador reduz o material a um tamanho homogéneo de 50-70 mm, ajustável conforme o crivo interno, permitindo assim uma boa trituração e separação dos resíduos a entrar na linha de separação. Nesta fase do processo será efetuada uma primeira amostragem da massa de resíduos triturada. O equipamento de trituração encontra-se equipado com um sistema de injeção de materiais que não são passíveis de trituração, tais como os metais. Após deteção serão descarregados automaticamente num transportador em direção ao separador de metais ferrosos e depois de removidos serão separados e conduzidos através de uma rampa para serem armazenados em recipiente próprio, para posterior encaminhamento para valorização.

O pré-triturador Júpiter, também da marca Austríaca LINDNER apresenta 2 motores de 160 kW cada e tem uma capacidade de receção de 25-30 ton/h de material a processar. Pode operar 10h/d, 225 d/ano.



Figura 2.7 - Pré triturador Júpiter 3200

#### 2.2.4 SEPARAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Este equipamento receciona o material resultante da primeira fase de trituração e separa os resíduos metálicos do restante material. Apresenta um motor de potência de 11 kW e 60 rpm.



Figura 2.8 - Separador eletromagnético

#### 2.2.5 CRIVAGEM

O Trommel rotativo promove a separação do material em duas frações: fração fina (refugo), composta por resíduos com dimensões inferiores a 15-20 mm, que depois de separados são encaminhados para um contentor, localizado na parte inferior do equipamento; a fração

maior que segue através do transportador para um classificador de ar. Nesta fase é efetuada uma primeira amostragem de massa de resíduos triturados.

Este equipamento não é um equipamento da marca austríaca, tendo uma potência de 72 kW, uma capacidade produtiva dentro das apresentadas para o pré triturador Júpiter e uma velocidade de rotação de 5-20 rpm.

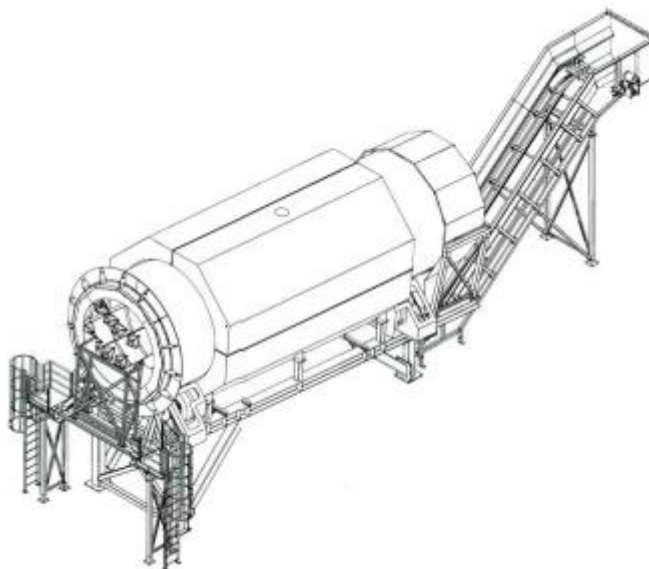


Figura 2.9 – Crivo rotativo (Trommel)

#### 2.2.6 ELUTRIAÇÃO

O classificador de ar é o equipamento que receciona os resíduos vindos do Trommel e promove a divisão do fluxo material numa fração pesada, que é encaminhada para a zona de refugo, e numa fração leve, que é encaminhada para o pós triturador. A fração pesada subdivide-se em duas porções: a porção pesada, que posteriormente será encaminhada para valorização e/ou eliminação; e a porção média que poderá ser reintroduzida no processo ou ser encaminhada para venda como resíduo de CDR de qualidade inferior. Nesta fase é recolhida uma amostra de massa de resíduos de porção média, para posterior análise e avaliação da qualidade do CDR. Este equipamento da NIHOT, um fabricante dos países baixos, pode funcionar 10h/d, 5 dias por semana. Tem uma capacidade de entrada de 30ton/h de material com uma potência total de 100 kW.

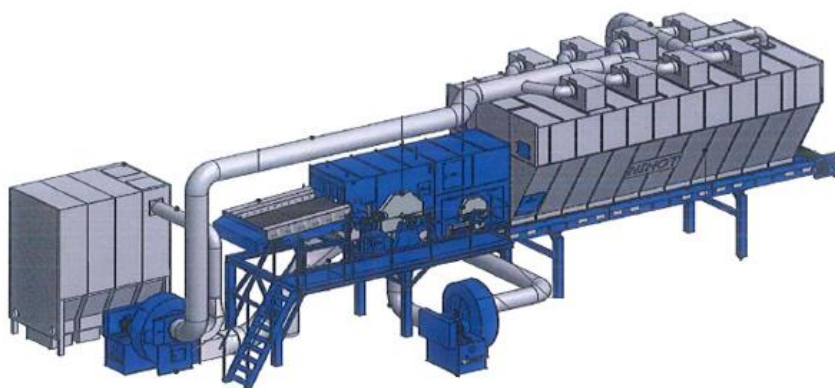


Figura 2.10 - Classificador de ar Nihot

### 2.2.7 TRITURAÇÃO SECUNDÁRIA

Zona de pós trituração – Equipamento onde a fração leve proveniente do transportador é submetida a uma segunda fase de trituração, no sentido de obter uma dimensão inferior a 20 mm. O equipamento permite uma definição do tamanho dos tamanhos de 10 a 100 mm, consoante a solicitação do cliente. É efetuado um controlo da produção, mediante a recolha de amostras significativas de CDR. Este equipamento também da LINDNER, um KOMET 2800 apresenta 2 motores de 160 kW cada e tem uma capacidade de receção de 10-12ton/h de material a processar. O seu modo de operação é semelhante ao pré-triturador Júpiter, ou seja, 10h/d, 225 d/ano.



Figura 2.11 - Triturador final Komet 2800

### 2.2.8 ARMAZENAMENTO DO CDR

O armazém de CDR é alimentada por transportadores de fundo aberto, de modo a criar pilhas de CDR. Esta instalação tem a capacidade de expedir 20 toneladas por hora de CDR. Contudo, no período em estudo produziu apenas 3,5 ton/h, (considerando 8h de trabalho diário) ou seja, aproximadamente 560 ton/mês (considerando 20 dias de trabalho uteis).



Figura 2.12 - Armazém de expedição

## 2.3 OPERAÇÃO

A operação da instalação de valorização é controlada automaticamente a partir de uma sala de controlo, mas dada a heterogeneidade dos materiais recebidos requer geralmente o acompanhamento próximo, particularmente nas fossas e linha de transporte, onde se processa à separação de alguns componentes, nomeadamente: Plásticos com potencial teor em cloro elevado para se conseguir minimizar o Cl presente no produto final.

### 2.3.1 ALIMENTAÇÃO DA FOSSA À LINHA DE TRANSPORTE

A alimentação à linha de produção é efetuada por um guindaste equipado com uma garra. Esta é controlada na sala de controlo pelo operador. Este equipamento tem uma potência

de 380 Volts, uma velocidade máxima de 20 km/h, podendo carregar cerca de 5 m<sup>3</sup> de material.



Figura 2.13 - Ponte com garra

### *2.3.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA*

A linha de equipamentos da Recivalongo requer para todos os equipamentos o consumo de grandes quantidades de eletricidade. No seu funcionamento pleno a fábrica consome 45984 kWh de energia por mês, que se traduz em faturas de cerca de 6000 €/mês de eletricidade.

### *2.3.3 MATERIAIS AUXILIARES*

Na laboração em pleno da fábrica são efetuadas várias manutenções aos equipamentos para o seu devido funcionamento.

As facas de corte dos trituradores Jupiter e Komet têm uma duração de 400 horas de trabalho, isto se forem reviradas a cada 100 horas de laboração, podendo as últimas duas faces laborarem por mais 20 horas além das 100 recomendadas.

Para todos os equipamentos a sua manutenção requer a devida lubrificação e limpeza.

### *2.3.4 MÃO DE OBRA*

São necessários 4 funcionários para a laboração da unidade. Estes dividem-se em: um funcionário para trabalhar com o guindaste com garra que alimenta a linha de produção,

um manobrador para organizar o CDR produzido no armazém de expedição e 2 funcionários para verificar o bom funcionamento dos aparelhos e verificam o material à entrada das fossas de alimentação.

#### *2.3.5 PROBLEMAS OPERACIONAIS*

Também se verificam vários problemas operacionais na linha de produção, nomeadamente, encravamento do material em fases da linha, desgaste partir das mesas de corte, enrolamento dos materiais, entre outros.

Quando existe qualquer tipo de problema a nível operacional é necessário por vezes abrir a máquina (normalmente este tipo de problemas é mais frequente nos trituradores primário o secundário) e retirar o material que está a impedir o seu funcionamento normal.

Quando há necessidade de se proceder à viragem ou substituição das facas das mesas de corte é necessário a paragem durante 1 a 3 dias.

### 3 MONITORIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Neste capítulo é feita uma análise ao processo produtivo incluindo a caracterização do CDR produzido.

#### 3.1 RESÍDUOS PARA A PRODUÇÃO DE CDR

Os resíduos candidatos à produção de CDR são todos aqueles que por natureza são orgânicos, ou seja que incluam na forma simples ou em mistura: papel, madeira, plásticos, têxteis, etc. São indesejáveis para a produção de CDR, resíduos contendo metais pesados (couros), contendo compostos halogenados (plásticos do tipo PVC) que devem assim ser evitados.

Um aspeto importante a ter em conta nos resíduos é o teor de humidade, já que trás problemas de degradação do material por fomentar a atividade biológica e reduzir o poder calorífico dos resíduos.

Tabela 3.1 - Exemplo de mistura de resíduos que podem ser incorporados na produção de CDR. Adaptado de (Tchobanoglous, Theissen, & Vigil, 1993)

	$W_{wi}$	$W_{zi}$	$PCI_i$
	[kg H <sub>2</sub> O/kg i btq]	[kg Z/kg i btq]	[GJ/kg i bs]
Papel	0,06	0,060	16,74
Cartão	0,05	0,050	16,28
Madeira	0,2	0,015	18,61
Têxteis	0,1	0,025	17,54
Plástico	0,02	0,100	32,56

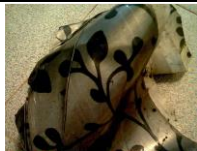






Todos os materiais acima apresentados são aparentemente ótimos exemplos para a produção de CDR.

##### 3.1.1 REJEITADOS

No controlo do processo é avaliado o possível conteúdo em cloro dos materiais nas fossas de receção de resíduos. Neste passo são rejeitados, tanto quanto possível, todo o tipo de material que à partida têm na sua constituição grandes quantidades de cloro, como alguns exemplo apresentados na seguinte tabela. (Mais tipos de materiais podem ser consultados no Anexo F).



Tabela 3.2 - Exemplos de materiais contendo cloro

Origem	Exemplo	% Cloro
Toalha de Cozinha (Indústria de PVC)		25
Material Compósito com Película Polimérica (Indústria Automóvel)		22,4
Molas Plásticas		48,0
Perfis de Plástico Negro		40,7
Napa Sintética Negra (Indústria do Calçado)		21,4
Tubo Plástico - PVC		41,8
Revestimento Plástico de Pavimentos		54,8

### 3.1.2 PRODUÇÃO DE CDR

Durante a produção de CDR nem todo o material de entrada chega até ao final do processo. Existe a produção de rejeitados de vários pontos da linha. São rejeitados os finos (areias) retirados pelo trommel, na fase de crivagem, e a fração pesada do classificador de ar (pedras e material mais pesados). Todo o resto passa pelos trituradores finais até ao armazém de expedição.

Neste processo é essencial fazer o controlo do material de entrada, tirando todos os materiais que são grandes potenciais fontes de cloro.



Figura 3.1 – Aspeto do CDR à saída do processo

## **3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA**

A caracterização do CDR inclui, para além de muitos outros parâmetros especificados na NP 4486 de 2008, a determinação da humidade, o poder calorífico e o teor de cloro. Todos estes parâmetros são acompanhados no laboratório da Recivalongo.

### **3.2.1 HUMIDADE**

O conteúdo em humidade numa amostra de CDR é facilmente determinado, através do cálculo da massa seca em que uma determinada quantidade de amostra é seca em estufa durante um determinado período de tempo, a 105°C. No caso concreto numa amostra de CDR, e de acordo com a norma CEN/TS 15414-2, esta determinação é feita com uma massa de amostra entre as 300g e as 500g, sendo mantida na estufa até a variação de peso entre pesagens horarias ser inferior a 0,2%. (Procedimento em Anexo C)

### 3.2.2 *PODER CALORIFICO INFERIOR*

O Poder Calorífico define-se pela quantidade de energia por unidade de massa (ou unidade de volume no caso dos gases) libertada na oxidação de um determinado combustível.

Existem duas formas de exprimir poder calorífico, poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI). O PCS é dado pela soma da energia libertada na forma de calor e a energia gasta na vaporização da água que se forma numa reação de oxidação a partir do hidrogénio orgânico. Já o PCI é resultado do primeiro termo, ou seja, é dado pela soma da energia libertada na forma de calor. Assim é fácil de perceber que o PCS é sempre superior ou igual ao PCI.

Na determinação do PCS é necessário um calorímetro como o ilustrado na figura abaixo. O equipamento usado neste trabalho é de marca Parr, modelo 6100.

A determinação do PCS segue a norma CEN/TS 15400.

Nestas determinações são usadas amostras com massa de 0,4g a 0,8g de CDR (com humidade pré determinada) previamente trituradas a uma granulometria de 1,0mm, sendo a combustão realizada a 3 MPa (aproximadamente 30 atm) de oxigénio. Os resultados são normalmente expressos em MJ/kg. (Procedimento em Anexo D)



Figura 3.2 – Calorímetro

### 3.2.3 *TEOR EM CLORO*

O teor em cloro pode definir-se pela quantidade de Cl existente por unidade de massa de CDR.

Já referido anteriormente, o teor em cloro é o parâmetro técnico utilizado para a classificação do CDR, sendo numa maneira geral, o parâmetro mais difícil de controlar no fabrico do CDR.

Para a sua determinação é usado também o equipamento para a determinação do PCS. O procedimento seguido é em parte semelhante, diferindo apenas na inclusão numa solução absorvente (10 ml KOH) na bomba de calorimétrica aquando da combustão da amostra para se conseguir absorver a totalidade do cloro libertado na reação. No final a solução resultante é recolhida para um copo, lavadas as paredes do calorímetro com água para se recolher o máximo de cloro presente. Em seguida a solução é ajustada a 100 ml. Toma-se 40ml desta solução e titula-se com uma solução de  $\text{AgNO}_3$  (0,1 Molar) dessa mesma solução, para determinar a concentração de Cl presente na amostra de CDR. (Procedimento em Anexo E)

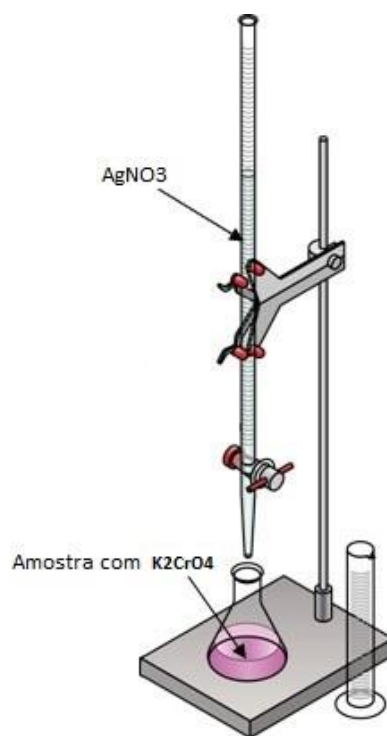


Figura 3.3 - Titulação para determinação da concentração do Cl na amostra

### 3.3 INVENTÁRIO

Neste ponto foram estudados o balanço mássico e energético à fábrica de CDR da Recivalongo. Para tal foi monitorizado um mês de produção. Foi monitorizado então o período de 26 de Fevereiro a 25 de Março de 2013.

Foram contabilizadas, para o balanço mássico, as quantidades de resíduos que entraram e registadas as quantidades produzidas do produto final, quantidades vendidas para as cimenteiras da Secil, em Outão/Pataias.

Para o estudo dos gastos energéticos realizados foram consultados os registos das contagens cobradas pela empresa de fornecimento de energia elétrica da fábrica, a EDP.

Tabela 3.3 - Quantidades de resíduos processados e energia consumida e CDR produzido de 26 de Fevereiro a 25 de Março de 2013.

Quantidades Resíduos rececionada [ton]	Quantidade de energia fornecida [kWh]	Quantidade de CDR [ton]
674,66	45984	562,78

Pelos dados recolhidos da quantidades já acima referidas e tendo em consideração que do processo também foram aproveitadas 16,32 ton de metais ferrosos, retiradas pelos separadores magnéticos ao logo do processo produtivo conclui-se que, a fábrica transformou cerca de 69% dos resíduos rececionados no período em estudo, sendo recuperados cerca de 2% em metais e os restantes 29% depositados em aterro sobe a forma de refugo.

Estes valores vão de encontro aos estudos feitos por Muhammad Nasrullah e a sua equipa de investigação a unidades de produção do mesmo género e que são apresentados no estudo “Mass , energy and material balances of SRF production process . Part 1 : SRF produced from commercial and industrial waste”

Os autores concluíram que 62% do material era convertido em CDR, 21% era rejeitado, 11% seriam rejeitados na crivagem em fração fina, 0,4% seria também rejeitada na fração pesada e as restantes percentagens seriam os rejeitados dos metais ferrosos e não ferrosos, como se pode verificar na imagem apresentada.

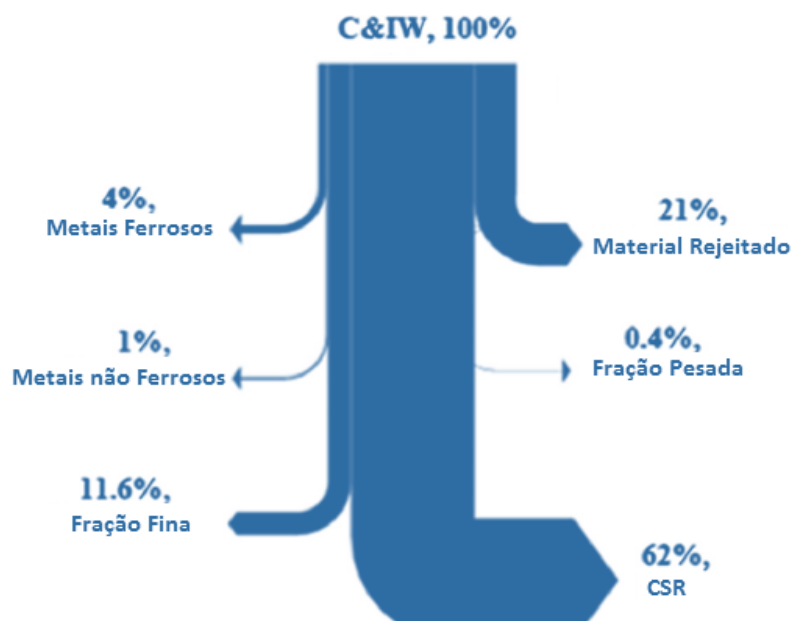


Figura 3.4 - Balanço mássico a uma unidade de produção de CDR. Adaptado de (Nasrullah, Muhammad et al., 2014)

No mesmo estudo também concluem que 75% da fração energética consumida na unidade reflete-se na produção de CDR, incutindo os restantes 25% para os processos de rejeição de materiais ao longo da linha de produção.



Figura 3.5 - Balanço energético a uma unidade de produção de CDR. Adaptado de (Nasrullah, Muhammad et al., 2014)

### **3.4 RESULTADOS ANALÍTICOS: REPRESENTATIVIDADE E INCERTEZA**

O cuidado na triagem dos materiais à entrada da linha de CDR é fundamental para assegurar a qualidade do CDR à saída, nomeadamente no que concerne aos níveis de Cl, os teores em metais (numa primeira abordagem à entrada e depois durante a linha em dois pontos de separação magnética para minimizar a quantidade de metais que chega ao final do processo).

Nesta linha de produção, o parâmetro que está a ser mais difícil de controlar para além do teor em Cl é a humidade, pois com a entrada do inverno e com verão mais chuvosos os resíduos à entrada apresentam uma quantidade de água elevada, prejudicando o poder calorífico do CDR.

Apesar do esforço de controlo da qualidade na produção, a elevada heterogeneidade do CDR faz com que a recolha de amostras em vários pontos de um lote para expedição dê resultados, por vezes, muito díspares. Esta razão poderá justificar o facto de, muitas vezes, os resultados obtidos no laboratório interno da Recivalongo sejam ligeiramente diferentes dos obtidos nos laboratórios da AVE, entidade que gere a qualidade do CDR entregue nas cimenteiras (Secil e Cimpor) a nível nacional.

Na tabela seguinte são apresentados os resultados de várias amostras recolhidas e analisadas na Recivalongo. A cada carga entregue na cimenteira era feita uma análise de controlo, para que se consiga ter uma caracterização da carga expedida, e futuramente comparar com os resultados fornecidos pelos laboratórios de controlo da AVE.

Em média os resultados apresentados pela entidade de controlo foram, no parâmetro PCI, 1 a 2 valores, mais baixo. Na análise ao cloro, como este é muito difícil de controlar as diferenças entre análises são constantes, não seguindo uma tendência entre análises.

Tabela 3.4 - Resultados obtidos à análise de CDR produzido e analisados na Recivalongo

Amostra	Humidade [%]	PCI [Mj/kg]	Cloro %
#1	8,25	19,75	0,15
#2	8,92	19,67	0,46
#3	8,06	19,20	0,06
#4	4,96	19,40	0,46
#5	7,39	19,56	0,67
#6	8,32	18,79	0,65
#7	4,14	18,68	0,37
#8	7,46	19,76	0,80
#9	8,94	18,90	0,78
#10	6,66	19,75	0,65
#11	5,52	19,25	0,58
#12	8,28	19,82	0,62
#13	8,80	19,38	0,77
#14	7,57	20,90	0,37
#15	8,47	20,09	0,17
#16	8,40	20,35	0,17
#17	8,99	19,94	0,65
#18	7,37	18,75	0,38
#19	9,14	20,06	0,52
#20	7,03	20,36	0,64

### 3.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE CDR

No decorrer do estágio foram escrutinados os consumos e o rendimento da fábrica de CDR da Recivalongo e elaborado um balanço mássico e energético. Posteriormente foi efetuada uma avaliação técnico-económica e uma avaliação ambiental.

Da análise técnico-económica pode-se concluir que a fábrica opera bastante àquem das suas capacidades nominal de produção. Tem capacidade de produção de 20 ton/h de CDR, nunca atingiu esse valor. Para a instalação ser viável a Recivalongo precisa de alargar o seu mercado e de ter um controlo mais apertado do material de entrada, algo que nem sempre aconteceu durante os meses que laborou (Novembro a Maio de 2013).

Com este mau controlo do processo produtivo percebeu-se que para se ter uma boa qualidade de CDR seria necessário implementar uma linha de triagem para minimizar todos



os contaminantes, quer em potenciais fontes de cloro e mercúrio, quer em materiais inertes que só prejudicam o desempenho do poder calorífico do produto final.

Como se verificou ainda existe uma quantidade significativa de refugo rejeitada no decorrer do processo. Estes refugos são depositados em aterro, não lhe sendo aplicado quaisquer outro tratamento. Esta deposição fica a cargo da Recivalongo, sendo a taxa de gestão de resíduos depositados em aterro suportada pela mesma, aumentando os custos da produção do CDR.

Toda a produção de CDR é um processo do tipo energia-intensivo. Na análise que foi efetuada à utilização de energia elétrica percebeu-se que a fábrica consome cerca de 50 000 kWh de energia mensalmente. Embora em fase experimental, durante o período que a instalação laborou, percebeu-se que a utilização de energia foi bastante variáveis. Nota-se que existiram cuidados nos consumos energéticos, laborando em períodos de vazio, onde a eletricidade tem custos mais baixos. Este cuidado nos consumos levaram a uma diminuição de 50% no valor da eletricidade (no mês de Março), isto devido também ao horário reduzido de laboração da fábrica.

A produção CDR no norte do país acarreta gastos mais elevados para o gestor de resíduos, pois os clientes atuais estão sediados na zona centro, grande Lisboa e sul do país. Esta distâncias implica maiores custos atender ao transporte do CDR que é dispendioso.

Este foi um dos motivos que fez a Recivalongo suspender a sua produção, pois os custos de transporte aliados aos custos operacionais (em particular com a energia elétrica) e à pouca valorização do produto pelos utilizadores conduziram a empresa à suspensão da laboração.

A melhoria da qualidade do CDR produzido, a proximidade aos utilizadores de CDR mas também a remuneração adequada do CDR afiguram-se como os mais importantes fatores da viabilidade económica da produção de CDR.

Para a Recivalongo a entrega do seu CDR a uma incineradora na zona do grande Porto (como a LIPOR II) seria uma alternativa bastante apelativa. Seria reduzida a distância do transporte e possivelmente seriam aumentadas as quantidades de consumo do produto. Já a incineradora teria o benefício de receber um material com um poder caloríficos bastante mais elevado do que o poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos, elevando assim a sua capacidade de produção de energia elétrica.

## 4 ANÁLISE, DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com as campanhas de amostragem de CDR para a realização de análise no laboratório da Recivalongo, bem como avaliados os custos de produção e as receitas da venda do produto final.

### 4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES AO CDR - VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÓMICA DA INSTALAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CDR

Como se verifica na Tabela 4.1 todas as amostras recolhidas e analisadas apresentam humidades inferiores a 10%. Já o PCI calculado em base tal e qual apresenta valores, para todas as amostras, superior a 18 MJ/kg, que classifica o CDR nesta categoria na classe 3 segundo a NP 4486. Já a percentagem em cloro apresenta um valor máximo de 0,494, o que coloca o CDR na classe 1 e 2 em termos de Cl.

Tabela 4.1 - Resultados obtido a amostras recolhidas

Amostra	Humidade	PCI [MJ/kg]	Cl %
A.1	8,25	19,56	0,274
A.2	8,92	19,46	0,279
A.3	8,06	19,04	0,409
A.4	4,96	19,17	0,293
A.5	7,39	19,45	0,210
A.6	8,32	18,70	0,273
A.7	4,14	18,29	0,152
A.8	7,46	19,65	0,316
A.9	8,94	18,81	0,169
A.10	6,66	19,74	0,150
A.11	5,52	19,16	0,221
A.12	8,28	19,81	0,494
A.13	8,80	19,16	0,155

## 4.2 VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÓMICA DA INSTALAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CDR

A quando a entrega do CDR nas cimenteiras são recolhidas amostras para controlo de qualidade nas próprias cimenteiras e posteriormente no laboratório da AVE, entidade responsável pela qualidade do CDR. Esta envia os seus resultados para cada fornecedor, sendo por estes valores que são depois acertados os valores a pagar a cada fornecedor.

Tabela 4.2 - Penalidades aplicadas.

Cloro %Cl/MJ	Penalidade €/t
$0,069 < \%Cl/MJ \leq 0,075$	6
$0,063 < \%Cl/MJ \leq 0,069$	4
$0,056 < \%Cl/MJ \leq 0,063$	2

Como se pode verificar pelos dados acima as penalizações sobre o cloro são calculadas tendo em conta não só o teor em cloro mas também o poder calorífico que cada carga entregue contem. De um modo geral pode-se concluir que quanto maior for o PCI maior pode ser conteúdo em Cl da CDR. Esta penalização favorece os fornecedores, incentivando-os a fazer uma seleção dos materiais com maior PCI não só pela recompensa do preço final mas também pela certificação de não penalidade no teor em cloro, pois quanto maior o PCI menor é probabilidade de serem penalizados.

Em seguida apresenta-se o tarifário aplicado à entrega de CDR nas cimenteiras. O valor pago depende sempre do PCI em base tal e qual, do produto entregue, e da quantidade de cloro que apresenta. Se não se enquadrar em nenhum dos intervalos apresentados o CDR entregue é valorizado apenas a 5€/ton.

Tabela 4.3 - Tabela de preços aplicada pela AVE

PCI [MJ/kg]	Preço €/ton	Acerto €/ton
<b>PCI ≥ 25</b>	30,00	15,00
<b>24 ≤ PCI &lt; 25</b>	28,50	13,50
<b>23 ≤ PCI &lt; 24</b>	27,00	12,00
<b>22 ≤ PCI &lt; 23</b>	25,50	10,50
<b>21 ≤ PCI &lt; 22</b>	24,00	9,00
<b>20 ≤ PCI &lt; 21</b>	22,50	7,50

Tabela 4.4 - Tabela de preços aplicada pela AVE

PCI [MJ/kg]	Preço €/ton	Acerto €/ton
<b>19≤PCI &lt;20</b>	21,00	6,00
<b>18≤PCI &lt;19</b>	19,50	4,50
<b>17≤PCI &lt;18</b>	18,00	3,00
<b>16≤PCI &lt;17</b>	16,50	1,50
<b>15≤PCI &lt;16</b>	15,00	0,00
<b>14≤PCI &lt;15</b>	13,00	-2,00
<b>13≤PCI &lt;14</b>	11,00	-4,00
<b>12≤PCI &lt;13</b>	9,00	-6,00

A Tabela 4.3, acima apresentada, exhibe os valores pagos aos fornecedores. Cada fornecedor emite uma fatura a cada mês, com valor de 15€ por cada tonelada entregue. No mês seguinte e depois de divulgados os valores da análise ao CDR, são calculados os valores médios, e emitida nova fatura com os devidos acertos.

Tabela 4.5 - Estimativa de preços do CDR

CDR	PCI [MJ/kg]	Cloro %	Preço				
			PCI [€]	Rácio %Cl/MJ	Penalidade €/ton	TGR €/ton	Preço Final €/ton
<b>A.1</b>	19,56	0,27	21,00	0,014	0	1,14	19,86
<b>A.2</b>	19,46	0,28	21,00	0,014	0		19,86
<b>A.3</b>	19,04	0,41	21,00	0,022	0		19,86
<b>A.4</b>	19,17	0,29	21,00	0,015	0		19,86
<b>A.5</b>	19,45	0,21	21,00	0,011	0		19,86
<b>A.6</b>	18,70	0,27	19,50	0,015	0		18,36
<b>A.7</b>	18,29	0,15	19,50	0,008	0		18,36
<b>A.8</b>	19,65	0,32	21,00	0,016	0		19,86
<b>A.9</b>	18,81	0,17	19,50	0,009	0		18,36
<b>A.10</b>	19,74	0,15	21,00	0,008	0		19,86
<b>A.11</b>	19,16	0,22	21,00	0,012	0		19,86
<b>A.12</b>	19,81	0,49	21,00	0,025	0		19,86
<b>A.13</b>	19,16	0,16	21,00	0,008	0		19,86

Como se verifica na tabela acima e de acordo com os preços praticados pela AVE apresentados na Tabela 4.3, verifica-se que o preço mínimo esperado de pagamento das quantidades entregue na cimenteira é de 19,50€, não apresentando qualquer penalidade no conteúdo em cloro que este apresenta.

Este preço é estipulado tendo em conta o PCI obtida para cada amostra. Posteriormente é verificada a penalidade no teor apresentado em cloro, e caso se aplique é descontada essa penalidade ao valor inicial obtido pela classificação do PCI.

Esperando que a tendência das amostras se mantenha e prevendo a entrega de 2 cargas de CDR por dia estima-se que sejam entregues por mês 720 ton de CDR (valor médio de 18 ton por carga).

Esta quantidade entregue está longe da capacidade média de produção da fábrica, precisando de apenas laborar 3h por dia para conseguir fazer face aos pedidos do cliente, subestimando o potencial da mesma que está preparada para produzir diariamente 100 ton de CDR.

Tabela 4.6 - Avaliação de custos/receitas referente ao mês em estudo

Receção de resíduos [ton]	1043,48
Preço de tratamento [ton]	45,00
Receita de receção [€]	<b>46956,52</b>
Preço venda €/ton	19,50
QT [ton]	720,00
Custo transporte [€/ton]	11,00
Gasto elétricos [€]	≈ 5000
Refugo [ton]	302,61
TGR [€]	1939,72
Receita final [€]	<b>45316,00</b>

Como se pode observar na tabela acima, e tendo como valores médios os já acima referidos, e sem os custos de mão-de-obra e de manutenção do equipamento incluídos na análise, pode-se afirmar que, este sistema de tratamento de resíduos é menos lucrativo em termos monetários, quando comparado com a deposição direta em aterro. Se a totalidade dos resíduos fosse depositada em aterro a Recivalongo teria uma receita de quase 47000 euros, pois não existem outros gastos para além dos gastos de manutenção.

Com a produção de CDR, a Recivalongo teria uma receita de cerca de 45000 euros, valor que fica abaixo do obtido com a deposição em aterro.

Também se verificam algumas mais-valias em termos económicos na produção de CDR, nomeadamente a redução dos custos nas operações de manutenção do aterro, diminuição dos custos com a taxa de gestão de resíduos (TGR), a redução de custos de aquisição de combustíveis fósseis (para o cliente) e a libertação de créditos de carbono associados às emissões da queima de combustíveis fósseis (Carvalho, 2011). A utilização de CDR em co combustão reduz as emissões de CO<sub>2</sub> em cerca 55 ton CO<sub>2</sub> /GJ de energia gerado quando comparado com o carvão (Dias, 2009).

Em termos ambientais, a produção e utilização de CDR como recurso energético contribui para a diminuição das emissões de GEE, diminuição da utilização de espaço em aterro e contribuição para o cumprimento de metas nacionais de diminuição de resíduos depositados em aterro e aumento da reciclagem (Carvalho, 2011).

### **4.3 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CDR**

A otimização da unidade de produção de CDR da Recivalongo passaria pelo eficiente controlo do material de entrada nas fossas de receção. Seria interessante avaliar a instalação de uma linha de triagem manual que controlasse a admissão de resíduos antes ou após as fossas de receção pois só assim se conseguiria garantir a boa qualidade dos materiais.



Figura 4.1 - Triagem manual

Também é fundamental ter uma caracterização prévia do material entregue por cada cliente e fazer uma avaliação cuidada à sua viabilidade para produção de CDR, eventualmente diferenciando a tarifa de tratamento em função da qualidade dos resíduos recebida.

Também é de ter em conta a quantidade de refugo gerada. Quanto maior for esta quantidade, maior também será o valor da taxa de gestão de resíduos (TGR) a aplicar à unidade de produção. Este refugo pode ser diminuído se, este for reintroduzido na minha de produção, caso o resíduos rejeitado assim o possibilite.

## **5 AVALIAÇÃO CICLO DE VIDA PARA A PRODUÇÃO DE CDR**

Todos os processos de fabrico produzem um impacto sobre o meio ambiente, seja sobre a forma de consumo de energia e de recursos, emissões atmosféricas, contaminação das águas ou geração de resíduos.

A avaliação do ciclo de vida, ACV, ou LCA, Life Cycle Assessment, analisa o impacto ou a carga ambiental associada aos produtos, processos e atividades desde a sua origem (matérias primas e produtos intermédios) até ao seu fim (deposição ou eliminação) passando pelos diversos processos de transformação. É considerada o método mais eficaz para avaliar o impacto ambiental total causado, já que contabiliza a energia que é consumida, a quantidade e o tipo das emissões atmosféricas, a quantidade de água contaminada e, a quantidade de resíduos sólidos gerados por um material, em cada uma das etapas do seu ciclo de vida.

Esta ferramenta de avaliação ambiental é recomendada no âmbito da UE, admitindo-se que seja um procedimento fiável e holístico em ordem à sustentabilidade, permitindo avaliar, comparar e melhorar o nível de impacto ambiental de uma empresa ou produto, sendo igualmente importante na otimização do balanço entre recursos (inputs) e produção (outputs).

Um dos indicadores de impacto ambiental mais utilizados e significativos é a pegada de carbono traduzida em termos da quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente que é emitido tendo por base uma unidade funcional a selecionar. A metodologia de cálculo da pegada de carbono assenta nas normas ISO14040 e na especificação PAS 2050:2011.

No âmbito da avaliação de ciclo de vida o procedimento de trabalho passa por definir uma unidade funcional apropriada ao estudo, os objetivos e o âmbito do estudo, em seguida proceder ao inventário de ciclo de vida (ICV) com base na descrição do processo produtivo, para em seguida proceder à ACV propriamente dita; a interpretação dos resultados é ainda um aspeto muito importante de todo o procedimento.

No decorrer deste estágio foi então recolhidos dados relativos ao processo produtivo de CDR instalado na Recivalongo, nomeadamente as características do equipamento, tendo em conta as quantidades de RI que deram entrada nas suas instalações, a quantidade de CDR produzida, a quantidade energética despendida para tal e todos os meios auxiliares que permitem o bom funcionamento da instalação e o transporte do CDR até à cimenteira.



O modelo de organização da informação para efeitos de cálculo da pegada de carbono, assenta em folhas Excel, seguindo de perto o procedimento de Matos, 2009.

A base de dados de apoio ao trabalho é o Ecoinvent, V2.10, opção LCIA, indicador IPPC 2007 (kg CO<sub>2</sub> equiv./unidade). As tabelas a apresentar reportam o número de processo, que é arbitrário no caso do processo definido neste trabalho, mas que nos restantes casos reportam o número de processo do Ecoinvent.

## **5.1 OBJETIVO E ÂMBITO**

A unidade funcional escolhida para este estudo foi a unidade de massa de resíduo industrial a tratar (1 ton) e não a produção de CDR.

O objetivo do estudo é o de identificar os componentes das diferentes fases do processo que são responsáveis pelas maiores incidências ambientais. Arbitariamente e por simplicidade foi escolhido como indicador de impacto o IPPC 2007 relativo às alterações climáticas expresso como kg CO<sub>2</sub> equivalente/ton de resíduos industriais, indicador sensivelmente idêntico à designada pegada de carbono e assumida neste trabalho como tal.

Em relação ao âmbito do estudo, conforme já foi referido, consideram-se apenas os impactos desde a receção dos resíduos na Recivalongo até à entrega do produto final à porta da unidade cimenteira utilizadora do CDR (análise *business to business* (B2B)). Fazem assim parte do âmbito do trabalho, contabilizando-se as emissões ligadas ao processamento dos resíduos e ainda as emissões relativas ao do seu transporte até à sua entrega, assim como toda a energia, e materiais auxiliares necessários dentro das instalações (lubrificantes, óleos, maquinaria, etc.).

## **5.2 DIAGRAMA DE PROCESSO**

No âmbito de qualquer ACV a descrição do processo é um procedimento fundamental. Essa descrição passa por definir todos os componentes potencialmente relevantes ao processamento da matéria prima, incluindo o uso de energia e materiais auxiliares.

### 5.2.1 PARAMETRIZAÇÕES DA PRODUÇÃO DE CDR

Como se observa na tabela seguinte, a fábrica de CDR da Recivalongo tem uma eficiência de 69%, recuperando ainda 2% da quantidade de entrada em metais ferrosos que podem ser valorizados, sendo os restantes 29% retirados do processo sob a forma de refugo e depositados em aterro.

Tabela 5.1 - Eficiência do processo de tratamento de RI

Eficiência processo		
<b>CDR (valor médio)</b>	0,69	kg CDR btq/ kg RI btq
<b>Refugo</b>	0,29	kg RR btq/ kg RI btq
<b>Metais</b>	0,02	kg RM btq/ kg RI btq

Foi também considerado que fábrica trabalha em modo descontínuo, obedecendo às especificações dos equipamentos, laborando em média, 7 horas por dia, 20 dias por mês, 11 meses por ano e admitindo que cada equipamento tem uma durabilidade útil de 10 anos.

Tabela 5.2 - Regime de exploração

Regime de exploração		
<b>Horas diárias de funcionamento</b>	7	h/dia
<b>Dias por mês de funcionamento</b>	20	dia/mês
<b>Meses de funcionamento por ano</b>	11	mês/ano
<b>Tempo de vida do equipamento mecânico</b>	10	ano/equipamento
<b>Tempo de vida do pavilhão</b>	30	ano/pavilhão

Tabela 5.3 – Balanço mássico e energético global à instalação

Balanço Mássico/ Energético da instalação		
<b>Energia elétrica despendida mensalmente na instalação</b>	45984	kWh/mês
<b>Resíduos industriais tratados mensalmente</b>	674,7	ton RI/mês
<b>CDR produzido mensalmente</b>	462,8	ton CDR/mês
<b>Produção horária</b>	20,0	ton RI/h funcionamento
<b>Energia elétrica/ton RI</b>	68,2	kWh/ton RI
<b>Energia elétrica/ton CDR</b>	99,4	kWh/ton CDR
<b>Custo da energia elétrica</b>	0,11	€/kWh

Além dos considerandos anteriores teve-se em conta, como a eficiência do processo, o regime de exploração e o balanço mássico e a potência elétrica dos equipamentos que se reporta nas tabelas seguintes.

#### *5.2.2 DESCRIÇÃO GERAL*

O processo de preparação de CDR é composto genericamente por um conjunto de dispositivos de destroçamento e classificação (separação) interligados entre si por dispositivos transportadores. A Figura 5.1 representa o diagrama do processo de tratamento de resíduos com origem industrial até se obter o produto final, o CDR.

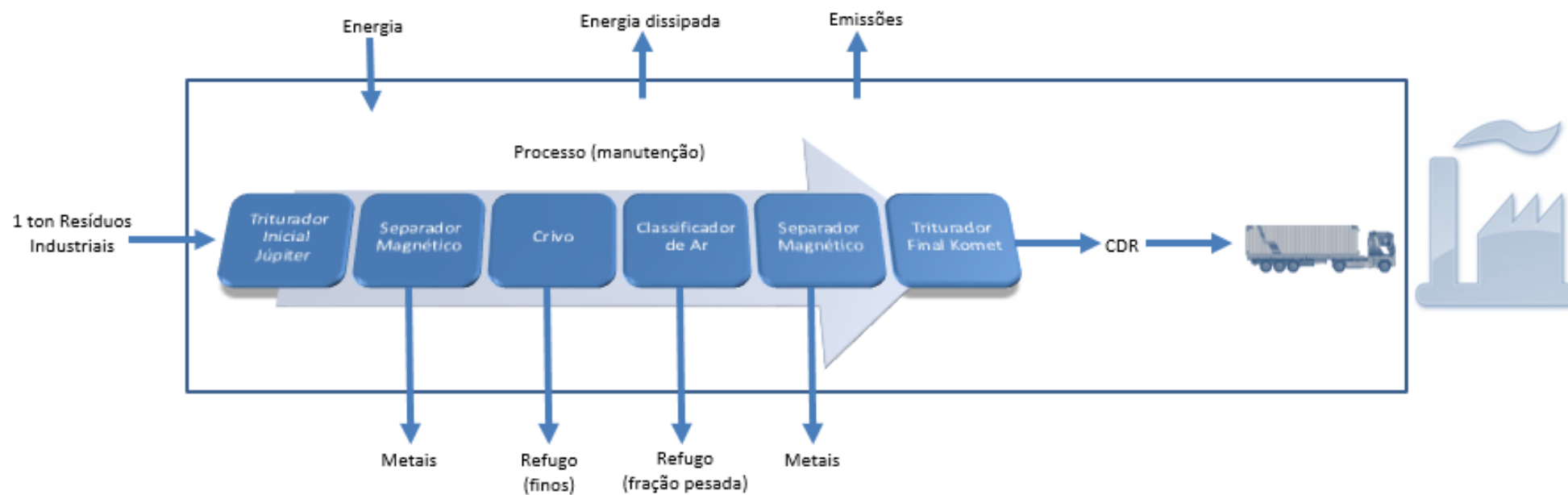


Figura 5.1 - Diagrama do processo

Uma vez que não existem dados para o estudo deste tipo específico de preparação de CDR na base de dados Ecoinvent, foi necessário proceder à recolha de dados dos equipamentos usados no tratamento de RI/produção de CDR e usados os dados da base de dados Ecoinvent para se construir o processo de tratamento

De seguida são apresentados todos os cálculos e parâmetros para cada processo do tratamento mecânico dos resíduos industriais até à entrega do CDR na cimenteira.

Tabela 5.4 – Conjunto de processos e materiais incluídos na análise ciclo de vida da preparação de CDR a partir do tratamento de resíduos industriais

número	categoria	subcategoria	nome
12010	Gestão de Resíduos	Produção de CDR	Ponte com garra
12030	Gestão de Resíduos	Produção de CDR	Corrente transportadora
12040	Gestão de Resíduos	Produção de CDR	Trituração primária
12050	Gestão de Resíduos	Produção de CDR	Crivagem
12060	Gestão de Resíduos	Produção de CDR	Separação de fases
12070	Gestão de Resíduos	Produção de CDR	Trituração Secundária
12080	Sistema de transportes	Terrestre	Pá Carregadora
12090	Sistema de transportes	Terrestre	Transporte em camião
12100	Gestão de Resíduos	Triagem de resíduos	Sucata metálica para valorização
1557	oleo	combustível	Oleos e Lubrificantes
12110	Gestão de Resíduos	Aterro	Deposição em Aterro (refugos)
2230	Gestão de Resíduos	Aterro	Deposição de resíduos em aterro
12000	Gestão de Resíduos	Produção de CDR	Tratamento Resíduo Industrial (RI)

Para cada um dos componentes processuais da tabela anterior que é específica do caso em estudo, foi determinado o respetivo contributo em termos da pegada de carbono. Neste âmbito considerou-se os impactos da construção do equipamento (expresso quer como massa de aço produzido e quer como massa de aço trabalhado, tendo em conta o número de horas de funcionamento proposto para o equipamento: 10000 horas) e os impactos do funcionamento desse equipamento tendo em conta a utilização de energia elétrica e a quantidade de material processada por unidade de tempo. Os impactos associados ao aço utilizado decorre do Ecoinvent; a energia elétrica também decorre do Ecoinvent mas tem em conta o mix de produção de Portugal (2009).

Toda a construção da ACV pode ser consultada nas tabelas apresentadas no Anexo G.

Tabela 5.5 – Balanço mássico e energético global à instalação

Balanço Mássico/ Energético da instalação		
Energia elétrica despendida mensalmente na instalação	45984	kWh/mês
Resíduos industriais tratados mensalmente	674,7	ton RI/mês
CDR produzido mensalmente	462,8	ton CDR/mês
Produção horária	20,0	ton RI/h funcionamento
Energia elétrica/ton RI	68,2	kWh/ton RI
Energia elétrica/ton CDR	99,4	kWh/ton CDR
Custo da energia elétrica	0,11	€/kWh

De seguida são apresentados todos os cálculos e parâmetros para cada processo do tratamento mecânico dos resíduos industriais até à entrega do CDR na cimenteira.

### 5.3 DESCRIÇÃO ESPECÍFICA

#### 5.3.1 PONTE COM GARRA

Tabela 5.6 - Parâmetros para a ponte garra

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência instalada	25	kW
Consumo horário de energia elétrica	25	kWh
Débito máximo	40	ton RI/h
Débito típico	20	ton RI/h
Carga (horas em carga por horas de serviço)	0,700	-
Massa do equipamento (expresso em aço)	25000	kg/equip1
Duração do equipamento	120	meses de trabalho/Equipamento
Duração do equipamento (estimativa 2)	15400	h de serviço/equipamento

Foi avaliado o impacto causado pela produção do equipamento e considerado que este era construído totalmente em aço e que a eletricidade consumida é de média voltagem. Desta forma calculou-se o fator estequiométrico para cada componente que dá forma ao processo criado.

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 25000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,081$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 25000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,081$$

$$\text{Produção de eletricidade} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{ton RI}} \right] = 25 \frac{\text{kWh}}{h} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times 0,7 = 0,875$$

Depois de calculado o fator estequiométrico, este é multiplicado pelo valor do IPCC 2007 que se encontra disponível na base de dados para cada um dos processos escolhidos.

Verifica-se que este processo contribui com 0,723 kg CO<sub>2</sub> equiv/ton RI

Tabela 5.7 – Pegada de carbono do processo ponte garra

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
<b>1154</b>	0,081	1,7556	0,143
<b>1174</b>	0,081	0,3607	0,029
<b>631</b>	0,875	0,6297	0,551
Total:			0,723

### 5.3.2 CORRENTE TRANSPORTADORA

Tabela 5.8 - Parâmetros para a corrente transportadora

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência instalada	11	kW
Consumo horário de energia elétrica	11	kWh
Débito máximo	30	ton/h
Débito típico	20	ton/h
Carga (horas em carga por horas de serviço)	0,700	-
Massa do equipamento (expresso em aço)	2000	kg/equip2
Duração do equipamento	120	Meses
Duração do equipamento (estimativa 2)	15400	h de serviço/equipamento

Da mesma forma apresentada no processo anterior, foi avaliado o contributo em CO<sub>2</sub> do processo de transporte do RI, calculados os fatores estequiométricos e aplicados os valores do IPCC de cada processo usado.

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 2000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,007$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 2000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,007$$

$$\text{Produção de eletricidade} = \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{ton RI}} \right] = 11 \frac{\text{kWh}}{h} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times 0,7 = 0,385$$

Tabela 5.9 – Pegada de carbono do processo de transporte em corrente transportadora

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
<b>1154</b>	0,007	1,7556	0,011
<b>1174</b>	0,007	0,3607	0,002
<b>631</b>	0,385	0,6297	0,242
Total:			0,256

A corrente transportadora contribui com 0,256 kg CO<sub>2</sub>/ ton RI tratada.

### 5.3.3 TRITURAÇÃO PRIMÁRIA

Tabela 5.10 - Parâmetros para a trituração primária

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência instalada	320	kW
Consumo horário de energia elétrica	320	kWh
Débito máximo	30	ton/h
Débito típico	20	ton RI/h
Carga (horas em carga por horas de serviço)	0,700	-
Massa do equipamento (expresso em aço)	10000	kg/equip3
Massa das facas (expresso em aço)	0,5	kg/faca
Duração das facas em serviço	400	h/faca
Nº facas	36	Facas
Duração do equipamento	120	Meses
Duração do equipamento (estimativa 2)	15400	h de serviço/equipamento



Para a trituração primária para além da consideração da totalidade do equipamento ser em aço, também se teve em conta o desgaste das facas durante a laboração. Desta forma procedeu-se ao cálculo de cada processo dão forma ao processo de trituração primária.

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 10000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,032$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 10000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,032$$

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 0,5 \frac{\text{kg aço}}{\text{faca}} \times 36 \text{ facas} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,002$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 0,5 \frac{\text{kg aço}}{\text{faca}} \times 36 \text{ facas} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,002$$

$$\text{Produção de eletricidade} = \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{ton RI}} \right] = 320 \frac{\text{kWh}}{h} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times 0,7 = 11,200$$

Tabela 5.11 – Pegada de carbono do processo trituração primária

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
<b>1154</b>	0,032	1,7556	0,057
<b>1174</b>	0,032	0,36073	0,012
<b>1154</b>	0,002	1,7556	0,004
<b>1174</b>	0,002	0,36073	0,001
<b>631</b>	11,200	0,62974	7,053
Total:			7,127

O processo de trituração primária tem um contributo de 7,127 kg CO<sub>2</sub>/ton RI

### 5.3.4 CRIVAGEM

Tabela 5.12 - Parâmetros para a crivagem

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência instalada	75	kW
Consumo horário de energia elétrica	75	kWh
Débito máximo	30	ton/h
Débito típico	20	ton/h
Carga (horas em carga por horas de serviço)	0,700	-
Massa do equipamento (expresso em aço)	15000	kg/equip4
Duração do equipamento	120	Meses
Refugo	0,10	kgRR btq/ kg RI btq
Duração do equipamento (estimativa 2)	15400	h de serviço/equipamento

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 15000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,049$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 15000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,049$$

$$\text{Produção de eletricidade} = \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{ton RI}} \right] = 75 \frac{\text{kWh}}{h} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times 0,7 = 2,625$$

Tabela 5.13 – Pegada de carbono do processo crivagem

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
1154	0,049	1,7556	0,086
1174	0,049	0,36073	0,018
631	2,625	0,62974	1,653
Total:			1,756

O processo de crivagem tem um contributo de 1,756 kg CO<sub>2</sub>/ton RI

### 5.3.5 CLASSIFICAÇÃO COM AR (SEPARAÇÃO DE FASES)

Tabela 5.14 - Parâmetros para a classificação

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência instalada	100	kW
Consumo horário de energia elétrica	100	kWh
Débito máximo	30	ton/h
Débito típico	20	ton/h
Carga (horas em carga por horas de serviço)	0,700	-
Massa do equipamento (expresso em aço)	35000	kg/equip5
Duração do equipamento	120	Meses
Refugo	0,19	kgRR btq/ kg RI btq
Duração do equipamento (estimativa 2)	15400	h de serviço/equipamento

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 35000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,114$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{\text{kg aço}}{\text{ton RI}} \right] = 35000 \frac{\text{kg aço}}{\text{equip.}} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 h} = 0,114$$

$$\text{Produção de eletricidade} = \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{ton RI}} \right] = 100 \frac{\text{kWh}}{h} \times \frac{1h}{20 \text{ ton RI}} \times 0,7 = 3,500$$

Tabela 5.15 – Pegada de carbono do processo classificação de fases

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
1154	0,114	1,7556	0,200
1174	0,114	0,36073	0,041
631	3,500	0,62974	2,204
Total:			2,445

A Classificação por fases tem um contributo de 2,445 kg de CO<sub>2</sub>/ ton RI

### 5.3.6 TRITURAÇÃO SECUNDÁRIA

Tabela 5.16 - Parâmetros para a trituração secundária

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência instalada	320	kW
Consumo horário de energia elétrica	320	kWh
Débito máximo	12	ton/h
Débito típico	10	ton/h
Carga (horas em carga por horas de serviço)	0,900	-
Massa do equipamento (expresso em aço)	20000	kg/equip6
Massa do das facas (expresso em aço)	0,25	kg/faca
Duração das facas	400	h/faca
Nº facas	80	Facas
Duração do equipamento	120	Meses
Duração do equipamento (estimativa 2)	15400	h de serviço/equipamento

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{kg \text{ aço}}{ton \text{ RI}} \right] = 20000 \frac{kg \text{ aço}}{equip.} \times \frac{1h}{10 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 \text{ h}} = 0,130$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{kg \text{ aço}}{ton \text{ RI}} \right] = 20000 \frac{kg \text{ aço}}{equip.} \times \frac{1h}{10 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 \text{ h}} = 0,130$$

$$\text{Extração do aço} \left[ \frac{kg \text{ aço}}{ton \text{ RI}} \right] = 0,25 \frac{kg \text{ aço}}{faca} \times 80 \text{ facas} \times \frac{1h}{10 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 \text{ h}} = 0,017$$

$$\text{Processamento do aço} \left[ \frac{kg \text{ aço}}{ton \text{ RI}} \right] = 0,25 \frac{kg \text{ aço}}{faca} \times 80 \text{ facas} \times \frac{1h}{10 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ equip.}}{15400 \text{ h}} = 0,017$$

$$\text{Produção de eletricidade} = \left[ \frac{kWh}{ton \text{ RI}} \right] = 320 \frac{kWh}{h} \times \frac{1h}{10 \text{ ton RI}} \times 0,9 = 28,800$$

Tabela 5.17 – Pegada de carbono do processo trituração secundária

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
1154	0,130	1,7556	0,228
1174	0,130	0,36073	0,047
1154	0,017	1,7556	0,029
1174	0,017	0,36073	0,006
631	28,800	0,62974	18,137
Total:			18,447

A trituração secundária tem um contributo de 18,447 kg CO<sub>2</sub>/ ton RI.

## 5.4 MATERIAIS E PROCESSOS AUXILIARES

Os materiais auxiliares respeitam a consumíveis da instalação que no presente caso incluem óleos e lubrificantes. Os processos auxiliares respeitam ao uso de dispositivos móveis tais como empilhadores ou pá carregadoras, bem como o transporte de CDR em camião até a cimenteira.

### 5.4.1 ÓLEOS E LUBRIFICANTES

Tabela 5.18 - Parâmetros para os óleos e lubrificantes

Parâmetro	Valor	Unidade
Consumo anual de lubrificantes	500	kg/ano

$$\begin{aligned}
 \text{Uso de Oleos e lubr} \left[ \frac{\text{kg óleos + lubr}}{\text{ton RI}} \right] &= 500 \frac{\text{kg óleos + lubr}}{\text{ano}} \times \frac{1 \text{ mês}}{674,66 \text{ ton RI}} \times \frac{1 \text{ ano}}{12 \text{ meses}} \\
 &= 0,062
 \end{aligned}$$

Tabela 5.19 – Pegada de carbono dos óleos e lubrificantes

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
<b>1557</b>	0,062	0,4846	0,030
Total:			0,030

Os óleos e lubrificantes contribuem com 0,030 kg CO<sub>2</sub>/ton RI

#### 5.4.2 PÁ CARREGADORA

Tabela 5.20 - Parâmetros para a pá carregadora

Parâmetro	Valor	Unidade
<b>Tempo diário de trabalho</b>	7	h/d
<b>Consumo horário diário de combustível</b>	9	L gasóleo/h
<b>Tempo de utilização diária da máquina</b>	3,00	hora/dia
<b>Fator de utilização em carga</b>	0,429	Horas/hora
<b>Consumo equivalente</b>	15	L gasóleo/100 km
<b>Produção horária</b>	20	ton RI/h

$$Pá\ carregadora \left[ \frac{vkm}{ton\ RI} \right] = 9 \frac{L\ gasóleo}{h} \times \frac{100\ km}{15\ L\ gasóleo} \times \frac{1\ h}{20\ ton\ RI} \times 0,429 = 1,287$$

Tabela 5.21 - Contributo em carbono do uso da pá carregadora

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
<b>1942</b>	1,287	0,61714	0,749
Total:			0,749

A pá carregadora contribui com 0,749 kg CO<sub>2</sub>/ton RI

### 5.4.3 TRANSPORTE EM CAMIÃO

Tabela 5.22 - Parâmetros para o transporte

Parâmetro	Valor	Unidade
Massa média de cada carga	20	ton CDR/carga
Volume carga	90	m <sup>3</sup> CDR/carga
Consumo combustível	20	L gasóleo/100km
Custo de transporte	11	€/ton
Distância A (Recivalongo - Cimenteira Souselas)	135	km

$$Transporte \left[ \frac{vkm}{ton} \right] = 2 \times \frac{carga}{20 ton} \times 135 \frac{km}{carga} = 13,500$$

Tabela 5.23 – Pegada de carbono do transporte por camião

número	Fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
1921	13,500	0,93599	12,636
Total:			12,636

## 5.5 DISPOSIÇÃO FINAL

O tratamento do resíduo industrial para além do CDR dá origem à produção de metais que são um subproduto valorizável e à produção de refugo que é enviado para aterro de resíduos industriais existente nas proximidades.

### 5.5.1 DEPOSIÇÃO DE REFUGO EM ATERRO

Com já foi referido na Tabela 5.1 - Eficiência do processo de tratamento de RI, o processo requer a deposição de 290 kg de RR por cada tonelada de RI tratados. Foi então calculado o contributo em carbono desta deposição.

$$Deposição\ RR \left[ \frac{kg}{ton\ RI} \right] = 290 \frac{kg}{ton\ RI}$$

Tabela 5.24 – Pegada de carbono da deposição do resíduo de refugo em aterro

número	Fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
2230	290	0,090	26,021
Total:			26,021

A deposição dos resíduos de refugo contribui com 26,021 kg CO<sub>2</sub>/ton RI.

## 5.6 BALANÇO GLOBAL

O balanço global das diferentes componentes processuais para a pegada de carbono encontram sumariados na tabela e figura a seguir apresentadas.

Tabela 5.25 - Pegada de carbono do tratamento de resíduos industriais (processo global)

numero	Fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
12010	1	0,723	0,723
12030	1	0,256	0,256
12040	1	7,127	7,127
12050	0,99	1,756	1,739
12060	0,89	2,445	2,176
12070	0,69	18,447	12,728
12080	0,69	0,749	0,517
12090	0,69	12,636	8,719
12100	0,0200		
1557	0,062	0,4846	0,030
12110	290	0,089729	26,02141
12000	Total:		60,035



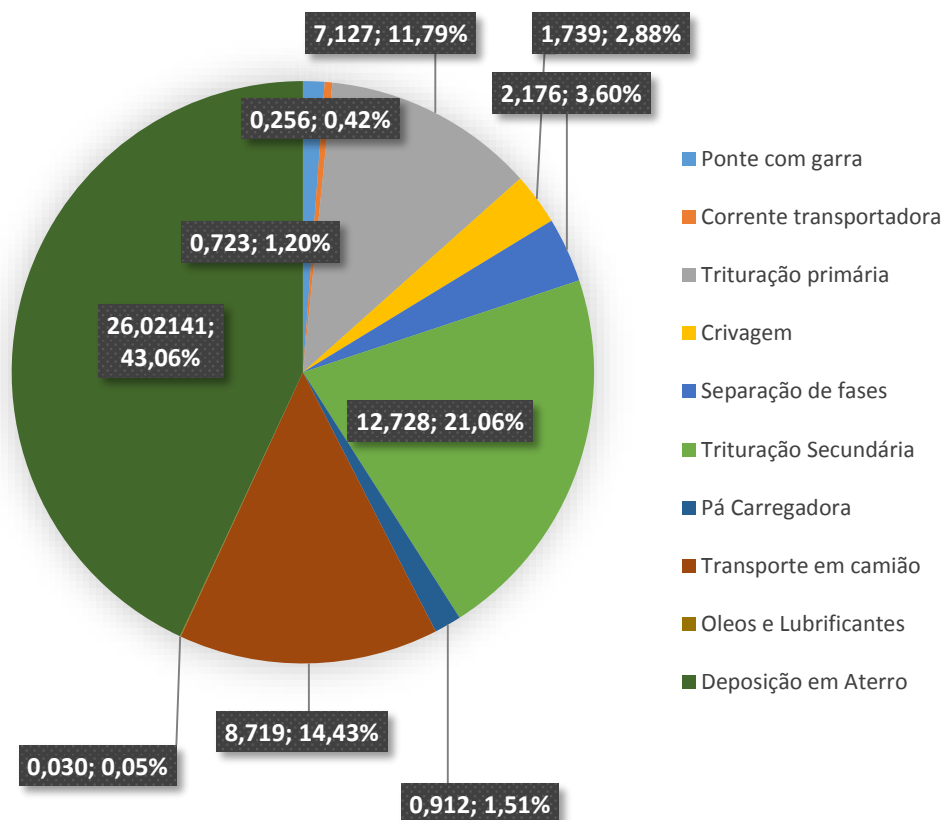


Figura 5.2 - Contributo percentual para a pegada de carbono de cada processo

Como se pode verificar na figura e tabela acima apresentadas, ao tratamento de uma tonelada de resíduos industriais na fábrica de CDR estão associados 60 kg de CO<sub>2</sub>.

Verifica-se que a deposição em aterro e o transporte para a cimenteira do produto final são dois processo que mais contribuem com quase 58% das emissões totais de CO<sub>2</sub>.

## 5.7 CENÁRIO ALTERNATIVO

A AICV apresenta especial interesse se for conduzida de forma comparada, ou seja, por comparação de diferentes alternativas de gestão, geralmente conhecidas como cenários. Neste caso estabeleceu-se um cenário alternativo que foi a deposição em aterro, mas seria também interessante considerar a incineração direta (mass burning) na LIPOR, ou ainda a incineração de CDR na LIPOR.

### 5.7.1 DEPOSIÇÃO TOTAL EM ATERRO

Neste subcapítulo vai-se comparar o resultado obtido com a deposição total dos resíduos industriais em aterro.

Recorreu-se então aos dados do ecoinvent e utilizou-se o processo que melhor se referia à deposição deste tipo de resíduos em aterro, e teve-se em conta a maquinaria necessária para a manutenção do mesmo.

Tabela 5.26 - Processo incluídos na análise ciclo de vida da deposição de 1 ton de RI

número	categoria	subcategoria	nome
<b>2230</b>	Gestão de resíduos	Aterro	Deposição de resíduos em aterro
<b>12111</b>	Sistema de transportes	terrestre	dumper
<b>12112</b>	Sistema de transportes	terrestre	Giratória
<b>12113</b>	Sistema de transportes	terrestre	dumper
<b>12114</b>	Sistema de transportes	terrestre	Giratória
<b>12110</b>	Gestão de resíduos	Aterro	Deposição em Aterro

$$\text{Deposição em aterro} \left[ \frac{kg \text{ RI}}{ton \text{ RI}} \right] = 1000 \frac{kg \text{ RI}}{ton \text{ RI}}$$

Tabela 5.27 - Parâmetros gerais da giratória

Parâmetro	Valor	Unidade
<b>Tempo diário de trabalho</b>	8	h/d
<b>Consumo diário de combustível</b>	22	L gasóleo/h
<b>Tempo de utilização diária da máquina</b>	7,00	hora/dia
<b>Fator de utilização em carga</b>	0,875	Horas/hora
<b>Consumo equivalente</b>	30	L gasóleo/100 km
<b>Quantidade processada</b>	150	tonRI/8h

$$Giratória \left[ \frac{vkm}{ton RI} \right] = 22 \frac{L \text{ gasóleo}}{h} \times \frac{100 km}{30 L \text{ gasóleo}} \times \frac{1 h}{150 ton RI} \times 0,875 = 0,428$$

$$Giratória \left[ \frac{h}{ton RI} \right] = \frac{8 h}{150 ton RI} \times 0,875 = 0,047$$

Tabela 5.28 - Parâmetros gerais do dumper

Parâmetro	Valor	Unidade
Tempo diário de trabalho	8	h/d
Consumo diário de combustível	22	L gasóleo/h
Tempo de utilização diária da máquina	3,00	hora/dia
Fator de utilização em carga	0,375	Horas/hora
Consumo equivalente	30	L gasóleo/100 km
Quantidade processada	150	tonRI/8h

$$dumper \left[ \frac{vkm}{ton RI} \right] = 22 \frac{L \text{ gasóleo}}{h} \times \frac{100 km}{30 L \text{ gasóleo}} \times \frac{1 h}{150 ton RI} \times 0,375 = 0,183$$

$$dumper \left[ \frac{h}{ton RI} \right] = \frac{8 h}{150 ton RI} \times 0,375 = 0,020$$

As duas tabelas acima apresentam os dois equipamentos usados na manutenção do aterro de resíduos industriais da Recivalongo, e serviram de exemplo para o cálculo da pegada de carbono que tem a deposição em aterro de 1 tonelada de RI.

Tabela 5.29 – Pegada de carbono da deposição de resíduos industriais (processo global)

número	fatores estequiométricos	IPCC 2007 (GWP 100a) kg CO <sub>2</sub> eq/unit	kg CO <sub>2</sub> eq/ton RI
2230	1000	0,090	89,729
12111	0,428	2,7735	1,1864
12112	0,047	2,7735	0,1294
12113	0,183	2,7735	0,5085
12114	0,020	2,7735	0,0555
<b>Total:</b>			91,609

Como se verifica na tabela acima, a deposição em aterro de uma tonelada de resíduos industriais liberta quase 92 kg de CO<sub>2</sub>.

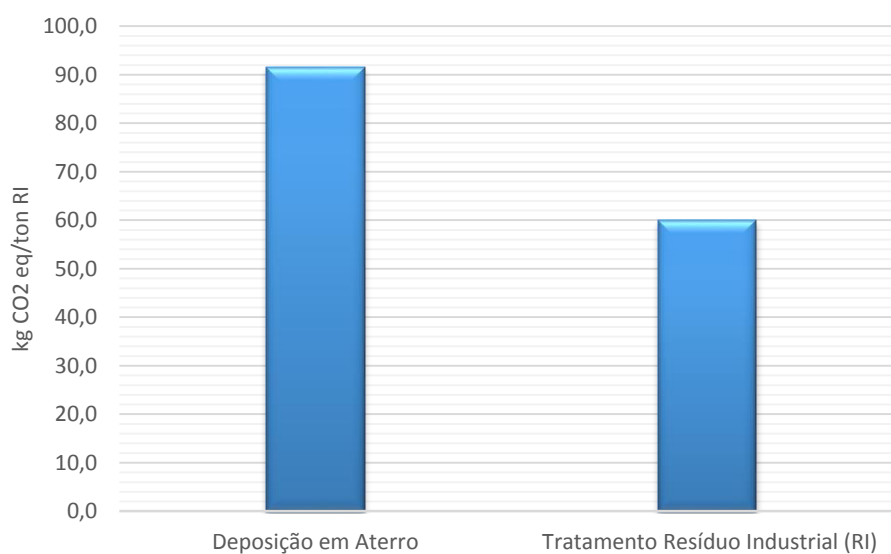


Figura 5.3 - Comparação entre os dois destinos em estudo

Como se verifica na Figura 5.3 - Comparação entre os dois destinos em estudo, o encaminhamento para CDR é uma melhor opção quando comparada com a deposição em aterro, podendo ser reduzidas as emissões de CO<sub>2</sub> em aproximadamente 1/3.

## 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

No decorrer deste estágio pode concluir-se que a fábrica de produção de CDR tem capacidade de laboração muito superior à que vem sendo praticada no passado, isto se o processo for devidamente cuidado e controlado.

Para se conseguir controlar o teor em cloro do CDR é necessário fazer uma seleção eficaz dos materiais a incorporar no processo de fabrico do CDR, já que este pode ainda vir a apresentar a valores de PCI mais elevados, sendo desta forma melhor valorizado pela empresa consumidora.

A especificação dos equipamentos de laboração de apenas 10h/d torna-se uma desvantagem caso apareçam novos mercados para a comercialização do CDR a nível nacional e internacional.

Uma das sugestões a deixar seria a incorporação duma triagem manual no início do processo, para assim se conseguir de forma mais eficaz e prática a boa qualidade do material à entrada da linha de produção.

Da análise ciclo de vida conclui-se a pegada de carbono do processo de produção de CDR é de 60 kgCO<sub>2</sub> equivalente por tonelada de resíduo industrial tratado e que a alternativa de deposição em aterro é de cerca de 92 kgCO<sub>2</sub> equiv por tonelada de resíduo industrial depositada, sendo a deposição em aterro do refugo resultante do processo responsável por quase 50% das emissões da produção de CDR.

Para trabalhos futuros sugeria a comparação da produção de CDR com a incineração direta dos resíduos industriais para que melhor se possa avaliar este tipo de tratamento.

## Referências bibliográficas

- Abreu, C. (2011). *Gestão de Resíduos no Grupo Secil. Fevereiro de 2011. Jornadas da Engenharia do Ambiente no Instituto Superior Técnico.*
- APA. (2014). *Agencia Portuguesa do Ambiente.* Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84>
- Bandeira, C. (2010). *Avaliação da Estabilidade Biológica de Combustível Derivado de Resíduo.* Tese de mestrado. Instituto Superior Técnico.
- Bastos, J. (2013). *Potencial de Utilização de Resíduos Depositados em Antigas Lixeiras como CDR. Caso de Estudo: Lixeira da Moita.* Tese de mestrado. Universidade Nova de Lisboa
- Carvalho, I. (2011). *CDR, um resíduo ou um produto, e sua viabilidade técnico-económica: análise do estudo do caso.* Tese de mestrado. Universidade Nova de Lisboa
- Decreto-Lei n.º 11/2001 de 23 de Janeiro, Diário da República n.º 19, Série I, Parte A, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Decreto-Lei n.º 152/2002 de 23 de Maio, Diário da República n.º 119, Série I, Parte A, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, Diário da República n.º 171, Série I, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- Decreto-Lei n.º 85/2005 de 28 de Abril, Diário da República n.º 82, Série I, Parte A, Ministério do Ambiente e Ordenamento do território.
- Despacho n.º 21294/2009 de 22 de Setembro, *Estratégia para os combustíveis derivados de resíduos.* Ministério do Ambiente e Ordenamento do território.
- Dias, S. et al. (2006). *Avaliação do Potencial de Produção e Utilização de CDR em Portugal Continental. Estudos base. Instituto Superior Técnico*
- Dias, S. M. (2009). *Waste Energy. Apresentação IBB. Instituto Superior Técnico.*
- ERSUC. (2009). *Estudo de Viabilidade Técnica e Económica de uma Unidade de Valorização Energética de CDR. - Relatório Final, 2009.*
- ERSUC. (2010). *Boletins de ensaios químicos realizados a possíveis CDR.*
- Moran, Michael J. & Shapiro, Howard N., (2007). *Princípios de termodinâmica para engenharia.* Editora LTC

Matos, Manuel A.A., (2009) *Estudo da Pegada de Carbono de Óleo Vegetal Alimentar*, Relatório de estudo. Universidade de Aveiro.

Nasrullah, Muhammad et al. (2014). Mass, energy and material balances of SRF production process . Part 1 : SRF produced from commercial and industrial waste. *Elsevier*.Revista 8, vol No 34

Norma Portuguesa 4486. (2008). *Combustíveis Derivados de Resíduos*.

Tchobanoglous, G., Theissen, G., & Vigil, S. (1993). *Integrated solid waste management: engineering principles and management issues*. McGraw-Hill International Editions.

## Anexo A

Lista de LER's admitido para produção de CDR na Recivalongo

- 02 01 03 Resíduos de tecidos vegetais.
- 02 01 04 Resíduos de plásticos (excluindo embalagens).
- 02 03 04 Materiais impróprios para consumo ou processamento.
- 02 07 02 Resíduos da destilação de álcool.
- 02 07 04 Materiais impróprios para consumo ou processamento.
- 03 01 01 Resíduos do descasque de madeira e de cortiça.
- 03 01 05 Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados não abrangidos em 03 01 04.
- 03 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 03 03 01 Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira.
- 03 03 07 Rejeitados mecanicamente separados do fabrico de pasta a partir de papel e cartão usado.
- 03 03 08 Resíduos da triagem de papel e cartão destinado a reciclagem.
- 03 03 10 Rejeitados de fibras e lamas de fibras, fillers e revestimentos, provenientes da separação mecânica.
- 04 01 02 Resíduos da operação de calagem.
- 04 01 09 Resíduos da confecção e acabamentos.
- 04 02 09 Resíduos de materiais compósitos (têxteis impregnados, elastómeros, plastómeros).
- 04 02 15 Resíduos dos acabamentos não abrangidos em 04 02 14.
- 04 02 21 Resíduos de fibras têxteis não processadas.
- 04 02 22 Resíduos de fibras têxteis processadas.
- 06 13 03 Negro de fumo.
- 07 02 13 Resíduos de plásticos.
- 07 02 17 Resíduos contendo silicones que não os mencionados na rubrica 07 02 16.
- 07 05 14 Resíduos sólidos não abrangidos em 07 05 13.
- 08 04 10 Resíduos de colas ou vedantes não abrangidos em 08 04 09.
- 09 01 08 Película e papel fotográfico sem prata ou compostos de prata.
- 09 01 10 Máquinas fotográficas descartáveis sem pilhas.
- 10 03 18 Resíduos do fabrico de ânodos contendo carbono, não abrangidos em 10 03 17.
- 12 01 05 Aparas de matérias plásticas.
- 15 01 01 Embalagens de papel e cartão.



- 15 01 02 Embalagens de plástico.
- 15 01 03 Embalagens de madeira.
- 15 01 05 Embalagens compósitas.
- 15 01 06 Misturas de embalagens.
- 15 01 09 Embalagens têxteis.
- 15 02 03 Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de protecção não abrangidos em 15 02 02.
- 16 01 19 Plástico.
- 16 02 16 Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15.
- 16 03 06 Resíduos orgânicos não abrangidos em 16 03 05.
- 17 02 01 Madeira.
- 17 02 03 Plástico.
- 17 04 11 Cabos não abrangidos em 17 04 10.
- 17 05 08 Balastros de linhas de caminho de ferro não abrangidos em 17 05 07.
- 17 06 04 Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03.
- 19 02 03 Misturas de resíduos contendo apenas resíduos não perigosos.
- 19 02 10 Resíduos combustíveis não abrangidos em 19 02 08 e 19 02 09.
- 19 03 07 Resíduos solidificados não abrangidos em 19 03 06.
- 19 05 01 Fração não compostada de resíduos urbanos e equiparados.
- 19 05 02 Fração não compostada de resíduos animais e vegetais.
- 19 05 03 Composto fora de especificação.
- 19 12 01 Papel e cartão.
- 19 12 04 Plástico e borracha.
- 19 12 07 Madeira não abrangida em 19 12 06.
- 19 12 08 Têxteis.
- 19 12 10 Resíduos combustíveis (combustíveis derivados de resíduos).
- 19 12 12 Outros resíduos (incluindo misturas de materiais) do tratamento mecânico de resíduos não abrangidos em 19 12 11.
- 20 01 01 Papel e cartão.
- 20 01 10 Roupas.
- 20 01 11 Têxteis.
- 20 01 38 Madeira não abrangida em 20 01 37.
- 20 01 39 Plásticos.

20 02 01 Resíduos biodegradáveis.

20 03 01 Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos.

20 03 02 Resíduos de mercados.

20 03 03 Resíduos da limpeza de ruas.

20 03 07 Monstros.

## Anexo B

Lista de LER's admitido em aterro na Recivalongo.

- 010101 Resíduos da extração de minérios metálicos
- 010102 Resíduos da extração de minérios não metálicos
- 01 03 06 Rejeitados não abrangidos em 01 03 04 e 01 03 05
- 01 03 08 Poeiras e pós não abrangidos em 01 03 07
- 01 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 01 04 08 Gravilhas e fragmentos de rocha não abrangidos em 01 04 07.
- 01 04 09 Areias e argilas.
- 01 04 10 Poeiras e pós não abrangidos em 01 04 07
- 01 04 11 Resíduos da preparação de minérios de potássio e de sal-gema não abrangidos em 01 04 07.
- 01 04 12 Rejeitados e outros resíduos, resultantes da lavagem e limpeza de minérios, não abrangidos em 01 04 07 e 01 04 11.
- 01 04 13 Resíduos do corte e serragem de pedra não abrangidos em 01 04 07
- 01 04 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 01 05 04 Lamas e outros resíduos de perfuração contendo água doce.
- 01 05 07 Lamas e outros resíduos de perfuração contendo sais de bário não abrangidos em 01 05 05 e 01 05 06.
- 01 05 08 Lamas e outros resíduos de perfuração contendo cloretos não abrangidos em 01 05 05 e 01 05 06.
- 01 05 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 02 01 01 Lamas provenientes da lavagem e limpeza.
- 02 01 03 Resíduos de tecidos vegetais.
- 02 01 04 Resíduos de plásticos (excluindo embalagens).
- 02 01 06 Fezes, urina e estrume de animais (incluindo palha suja), efluentes recolhidos separadamente e tratados noutro local.
- 02 01 07 Resíduos silvícolas.
- 02 01 09 Resíduos agro-químicos não abrangidos em 02 01 08.
- 02 01 10 Resíduos metálicos.
- 02 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 02 02 01 Lamas provenientes da lavagem e limpeza.
- 02 02 02 Resíduos de tecidos animais.

- 02 02 03 Materiais impróprios para consumo ou processamento.
- 02 02 04 Lamas do tratamento local de efluentes.
- 02 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 02 03 01 Lamas de lavagem, limpeza, descasque, centrifugação e separação.
- 02 03 02 Resíduos de agentes conservantes.
- 02 03 04 Materiais impróprios para consumo ou processamento.
- 02 03 05 Lamas do tratamento local de efluentes.
- 02 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 02 04 01 Terra proveniente da limpeza e lavagem da beterraba.
- 02 04 02 Carbonato de cálcio fora de especificação.
- 02 04 03 Lamas do tratamento local de efluentes.
- 02 04 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 02 05 01 Materiais impróprios para consumo ou processamento.
- 02 05 02 Lamas do tratamento local de efluentes.
- 02 05 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 02 06 01 Materiais impróprios para consumo ou processamento.
- 02 06 02 Resíduos de agentes conservantes.
- 02 06 03 Lamas do tratamento local de efluentes.
- 02 06 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 02 07 01 Resíduos da lavagem, limpeza e redução mecânica das matérias-primas.
- 02 07 02 Resíduos da destilação de álcool.
- 02 07 03 Resíduos de tratamentos químicos.
- 02 07 04 Materiais impróprios para consumo ou processamento.
- 02 07 05 Lamas do tratamento local de efluentes.
- 02 07 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 03 01 05 Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados não abrangidos em 03 01 04.
- 03 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 03 02 99 Agentes de preservação da madeira não anteriormente especificados.
- 03 03 01 Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira.
- 03 03 02 Lamas da lixívia verde (provenientes da valorização da lixívia de cozimento).
- 03 03 05 Lamas de destintagem, provenientes da reciclagem de papel. 03 03 07 Rejeitados mecanicamente separados do fabrico de pasta a partir de papel e cartão usado.
- 03 03 08 Resíduos da triagem de papel e cartão destinado a reciclagem.
- 03 03 09 Resíduos de lamas de cal.

- 03 03 10 Rejeitados de fibras e lamas de fibras, fillers e revestimentos, provenientes da separação mecânica.
- 03 03 11 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 03 03 10.
- 03 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 04 01 01 Resíduos das operações de descarna e divisão de tripa.
- 04 01 02 Resíduos da operação de calagem.
- 04 01 04 Licores de curtimenta contendo crómio.
- 04 01 05 Licores de curtimenta sem crómio.
- 04 01 06 Lamas, em especial do tratamento local de efluentes, contendo crómio.
- 04 01 07 Lamas, em especial do tratamento local de efluentes, sem crómio.
- 04 01 08 Resíduos de pele curtida (aparas azuis, surragem, poeiras) contendo crómio.
- 04 01 09 Resíduos da confecção e acabamentos.
- 04 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 04 02 09 Resíduos de materiais compósitos (têxteis impregnados, elastómeros, plastómeros).
- 04 02 10 Matéria orgânica de produtos naturais (por exemplo, gordura, cera).
- 04 02 15 Resíduos dos acabamentos não abrangidos em 04 02 14.
- 04 02 17 Corantes e pigmentos não abrangidos em 04 02 16.
- 04 02 20 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 04 02 19.
- 04 02 21 Resíduos de fibras têxteis não processadas.
- 04 02 22 Resíduos de fibras têxteis processadas.
- 04 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 05 01 10 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 05 01 09.
- 05 01 13 Lamas do tratamento de água para abastecimento de caldeiras.
- 05 01 14 Resíduos de colunas de arrefecimento.
- 05 01 16 Resíduos contendo enxofre da dessulfuração de petróleo.
- 05 01 17 Betumes.
- 05 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 05 06 04 Resíduos de colunas de arrefecimento.
- 05 06 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 05 07 02 Resíduos contendo enxofre.
- 05 07 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 06 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 06 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 06 03 14 Sais no estado sólido e em soluções não abrangidos em 06 03 11 e 06 03 13.

06 03 16 Óxidos metálicos não abrangidos em 06 03 15.  
06 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 04 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 05 03 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 06 05 02.  
06 06 03 Resíduos contendo sulfuretos não abrangidos em 06 06 02.  
06 06 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 07 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 08 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 09 02 Escórias com fósforo.  
06 09 04 Resíduos cálcicos de reacção não abrangidos em 06 09 03.  
06 09 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 10 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 11 01 Resíduos cálcicos de reacção da produção de dióxido de titânio.  
06 11 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
06 13 03 Negro de fumo.  
06 13 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
07 01 12 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 01 11.  
07 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
07 02 12 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 02 11.  
07 02 13 Resíduos de plásticos.  
07 02 15 Resíduos de aditivos não abrangidos em 07 02 14.  
07 02 17 Resíduos contendo silicones que não os mencionados na rubrica 07 02 16.  
07 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
07 03 12 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 03 11.  
07 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
07 04 12 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 04 11.  
07 04 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
07 05 12 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 05 11.  
07 05 14 Resíduos sólidos não abrangidos em 07 05 13.  
07 05 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
07 06 12 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 06 11.  
07 06 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
07 07 12 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 07 11.  
07 07 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.  
08 01 12 Resíduos de tintas e vernizes não abrangidos em 08 01 11.

- 08 01 14 Lamas de tintas e vernizes não abrangidas em 08 01 13.
- 08 01 16 Lamas aquosas contendo tintas e vernizes não abrangidas em 08 01 15.
- 08 01 18 Resíduos da remoção de tintas e vernizes não abrangidos em 08 01 17.
- 08 01 20 Suspensões aquosas contendo tintas e vernizes não abrangidas em 08 01 19.
- 08 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 08 02 01 Resíduos de revestimentos na forma pulverulenta.
- 08 02 02 Lamas aquosas contendo materiais cerâmicos.
- 08 02 03 Suspensões aquosas contendo materiais cerâmicos.
- 08 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 08 03 07 Lamas aquosas contendo tintas de impressão.
- 08 03 08 Resíduos líquidos aquosos contendo tintas de impressão.
- 08 03 13 Resíduos de tintas não abrangidos em 08 03 12.
- 08 03 15 Lamas de tintas de impressão não abrangidas em 08 03 14.
- 08 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 08 04 10 Resíduos de colas ou vedantes não abrangidos em 08 04 09.
- 08 04 12 Lamas de colas ou vedantes não abrangidas em 08 04 11.
- 08 04 14 Lamas aquosas contendo colas ou vedantes não abrangidas em 08 04 13.
- 08 04 16 Resíduos líquidos aquosos contendo colas ou vedantes não abrangidos em 08 04 15.
- 08 04 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 09 01 07 Película e papel fotográfico com prata ou compostos de prata.
- 09 01 08 Película e papel fotográfico sem prata ou compostos de prata.
- 09 01 10 Máquinas fotográficas descartáveis sem pilhas.
- 09 01 12 Máquinas fotográficas descartáveis com pilhas não abrangidas em 09 01 11
- 09 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 01 01 Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras (excluindo as poeiras de caldeiras abrangidas em 10 01 04).
- 10 01 02 Cinzas volantes da combustão de carvão.
- 10 01 03 Cinzas volantes da combustão de turfa ou madeira não tratada.
- 10 01 05 Resíduos cálcicos de reacção, na forma sólida, provenientes da dessulfuração de gases de combustão.
- 10 01 07 Resíduos cálcicos de reacção, na forma de lamas, provenientes da dessulfuração de gases de combustão.
- 10 01 15 Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras de co-incineração não abrangidas em 10 01 14.

- 10 01 17 Cinzas volantes de co-incineração não abrangidas em 10 01 16.
- 10 01 19 Resíduos de limpeza de gases não abrangidos em 10 01 05, 10 01 07 e 10 01 18.
- 10 01 21 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 10 01 20.
- 10 01 23 Lamas aquosas provenientes da limpeza de caldeiras não abrangidas em 10 01 22.
- 10 01 24 Areias de leitos fluidizados.
- 10 01 25 Resíduos do armazenamento de combustíveis e da preparação de centrais eléctricas a carvão.
- 10 01 26 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento.
- 10 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 02 01 Resíduos do processamento de escórias.
- 10 02 02 Escórias não processadas.
- 10 02 08 Resíduos sólidos do tratamento de gases não abrangidos em 10 02 07.
- 10 02 10 Escamas de laminagem.
- 10 02 12 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento não abrangidos em 10 02 11.
- 10 02 14 Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases não abrangidos em 10 02 13.
- 10 02 15 Outras lamas e bolos de filtração.
- 10 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 03 02 Resíduos de ânodos.
- 10 03 05 Resíduos de alumina.
- 10 03 16 Escumas não abrangidas em 10 03 15.
- 10 03 18 Resíduos do fabrico de ânodos contendo carbono, não abrangidos em 10 03 17.
- 10 03 20 Poeiras de gases de combustão não abrangidas em 10 03 19.
- 10 03 22 Outras partículas e poeiras (incluindo poeiras da trituração de escórias) não abrangidas em 10 03 21.
- 10 03 24 Resíduos sólidos do tratamento de gases não abrangidos em 10 03 23.
- 10 03 26 Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases não abrangidos em 10 03 25.
- 10 03 28 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento não abrangidos em 10 03 27.
- 10 03 30 Resíduos do tratamento das escórias salinas e do tratamento das impurezas negras não abrangidos em 10 03 29.
- 10 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 04 10 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento não abrangidos em 10 04 09.
- 10 04 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 05 01 Escórias da produção primária e secundária.



10 05 04 Outras partículas e poeiras.

10 05 09 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento não abrangidos em 10 05 08.

10 05 11 Impurezas e escumas não abrangidas em 10 05 10.

10 05 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

10 06 01 Escórias da produção primária e secundária.

10 06 02 Impurezas e escumas da produção primária e secundária.

10 06 04 Outras partículas e poeiras.

10 06 10 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento não abrangidos em 10 06 09.

10 06 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

10 07 01 Escórias da produção primária e secundária.

10 07 02 Impurezas e escumas da produção primária e secundária.

10 07 03 Resíduos sólidos do tratamento de gases.

10 07 04 Outras partículas e poeiras. 10 07 05 Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases.

10 07 08 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento não abrangidos em 10 07 07.

10 07 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

10 08 04 Partículas e poeiras.

10 08 09 Outras escórias.

10 08 11 Impurezas e escumas não abrangidas em 10 08 10.

10 08 13 Resíduos do fabrico de ânodos contendo carbono não abrangidos em 10 08 12.

10 08 14 Resíduos de ânodos.

10 08 16 Poeiras de gases de combustão não abrangidas em 10 08 15.

10 08 18 Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases de combustão não abrangidos em 10 08 17.

10 08 20 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento não abrangidos em 10 08 19.

10 08 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

10 09 03 Escórias do forno.

10 09 06 Machos e moldes de fundição não vazados não abrangidos em 10 09 05.

10 09 08 Machos e moldes de fundição vazados não abrangidos em 10 09 07.

10 09 10 Poeiras de gases de combustão não abrangidas em 10 09 09.

10 09 12 Outras partículas não abrangidas em 10 09 11.

10 09 14 Resíduos de aglutinantes não abrangidos em 10 09 13.

10 09 16 Resíduos de agentes indicadores de fendilhação não abrangidos em 10 09 15.

10 09 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

10 10 03 Escórias do forno.

- 10 10 06 Machos e moldes de fundição não vazados não abrangidos em 10 10 05.
- 10 10 08 Machos e moldes de fundição vazados não abrangidos em 10 10 07.
- 10 10 10 Poeiras de gases de combustão não abrangidas em 10 10 09.
- 10 10 12 Outras partículas não abrangidas em 10 10 11.
- 10 10 14 Resíduos de aglutinantes não abrangidos em 10 10 13.
- 10 10 16 Resíduos de agentes indicadores de fendilhação não abrangidos em 10 10 15.
- 10 10 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 11 03 Resíduos de materiais fibrosos à base de vidro.
- 10 11 05 Partículas e poeiras.
- 10 11 10 Resíduos da preparação da mistura (antes do processo térmico) não abrangidos em 10 11 09.
- 10 11 12 Resíduos de vidro não abrangidos em 10 11 11.
- 10 11 14 Lamas de polimento e rectificação de vidro não abrangidas em 10 11 13.
- 10 11 16 Resíduos sólidos do tratamento de gases de combustão não abrangidos em 10 11 15.
- 10 11 18 Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases de combustão não abrangidos em 10 11 17.
- 10 11 20 Resíduos sólidos do tratamento local de efluentes não abrangidos em 10 11 19.
- 10 11 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 12 01 Resíduos da preparação da mistura (antes do processo térmico).
- 10 12 03 Partículas e poeiras.
- 10 12 05 Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases.
- 10 12 06 Moldes fora de uso.
- 10 12 08 Resíduos do fabrico de peças cerâmicas, tijolos, ladrilhos, telhas e produtos de construção (após o processo térmico).
- 10 12 10 Resíduos sólidos do tratamento de gases não abrangidos em 10 12 09.
- 10 12 12 Resíduos de vitrificação não abrangidos em 10 12 11.
- 10 12 13 Lamas do tratamento local de efluentes.
- 10 12 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 10 13 01 Resíduos da preparação da mistura antes do processo térmico.
- 10 13 04 Resíduos da calcinação e hidratação da cal.
- 10 13 06 Partículas e poeiras (excepto 10 13 12 e 10 13 13).
- 10 13 07 Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases.
- 10 13 10 Resíduos do fabrico de fibrocimento não abrangidos em 10 13 09.

- 10 13 11 Resíduos de materiais compósitos à base de cimento não abrangidos em 10 13 09 e 10 13 10.
- 10 13 13 Resíduos sólidos do tratamento de gases não abrangidos em 10 13 12.
- 10 13 14 Resíduos de betão e de lamas de betão.
- 10 13 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 11 01 10 Lamas e bolos de filtração não abrangidos em 11 01 09.
- 11 01 12 Líquidos de lavagem aquosos não abrangidos em 11 01 11.
- 11 01 14 Resíduos de desengorduramento não abrangidos em 11 01 13.
- 11 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 11 02 03 Resíduos da produção de ânodos dos processos electrolíticos aquosos.
- 11 02 06 Resíduos de processos hidrometalúrgicos do cobre não abrangidos em 11 02 05.
- 11 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 11 05 01 Escórias de zinco.
- 11 05 02 Cinzas de zinco.
- 11 05 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 12 01 01 Aparas e limalhas de metais ferrosos.
- 12 01 02 Poeiras e partículas de metais ferrosos.
- 12 01 03 Aparas e limalhas de metais não ferrosos.
- 12 01 04 Poeiras e partículas de metais não ferrosos.
- 12 01 05 Aparas de matérias plásticas.
- 12 01 13 Resíduos de soldadura.
- 12 01 15 Lamas de maquinaria não abrangidas em 12 01 14.
- 12 01 17 Resíduos de materiais de granalhagem não abrangidos em 12 01 16.
- 12 01 21 Mós e materiais de rectificação usados não abrangidos em 12 01 20.
- 12 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 15 01 01 Embalagens de papel e cartão.
- 15 01 02 Embalagens de plástico.
- 15 01 03 Embalagens de madeira.
- 15 01 04 Embalagens de metal.
- 15 01 05 Embalagens compósitas.
- 15 01 06 Misturas de embalagens.
- 15 01 07 Embalagens de vidro.
- 15 01 09 Embalagens têxteis.
- 15 02 03 Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de protecção não

abrangidos em 15 02 02.

16 01 03 Pneus usados.

16 01 06 Veículos em fim de vida esvaziados de líquidos e outros componentes perigosos.

16 01 12 Pastilhas de travões não abrangidas em 16 01 11.

16 01 15 Fluidos anticongelantes não abrangidos em 16 01 14.

16 01 16 Depósitos para gás liquefeito.

16 01 17 Metais ferrosos.

16 01 18 Metais não ferrosos.

16 01 19 Plástico.

16 01 20 Vidro.

16 01 22 Componentes não anteriormente especificados.

16 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

16 02 14 Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13.

16 02 16 Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15.

16 03 04 Resíduos inorgânicos não abrangidos em 16 03 03.

16 03 06 Resíduos orgânicos não abrangidos em 16 03 05.

16 05 05 Gases em recipientes sob pressão não abrangidos em 16 05 04.

16 05 09 Produtos químicos fora de uso não abrangidos em 16 05 06, 16 05 07 ou 16 05 08.

16 06 04 Pilhas alcalinas (excepto 16 06 03).

16 06 05 Outras pilhas e acumuladores.

16 07 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

16 08 01 Catalisadores usados contendo ouro, prata, rénio, ródio, paládio, irídio ou platina (excepto 16 08 07).

16 08 03 Catalisadores usados contendo metais de transição ou compostos de metais de transição não especificados de outra forma.

16 08 04 Catalisadores usados de cracking catalítico em leito fluido (excepto 16 08 07).

16 10 02 Resíduos líquidos aquosos não abrangidos em 16 10 01.

16 10 04 Concentrados aquosos não abrangidos em 16 10 03.

16 11 02 Revestimentos de fornos e refractários à base de carbono não abrangidos em 16 11 01.

16 11 04 Outros revestimentos de fornos e refractários não abrangidos em 16 11 03.

16 11 06 Revestimentos de fornos e refractários provenientes de processos não metalúrgicos não abrangidos em 16 11 05.

17 01 01 Betão.

17 01 02 Tijolos.

17 01 03 Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos.

17 01 07 Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06.

17 02 Madeira, vidro e plástico:

17 02 01 Madeira.

17 02 02 Vidro.

17 02 03 Plástico.

17 03 02 Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01.

17 04 01 Cobre, bronze e latão.

17 04 02 Alumínio.

17 04 03 Chumbo.

17 04 04 Zinco. 17 04 05 Ferro e aço.

17 04 06 Estanho.

17 04 07 Mistura de metais.

17 04 11 Cabos não abrangidos em 17 04 10.

17 05 04 Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03.

17 05 06 Lamas de dragagem não abrangidas em 17 05 05.

17 05 08 Balastros de linhas de caminho de ferro não abrangidos em 17 05 07.

17 06 04 Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03.

17 06 05 (\*) Materiais de construção contendo amianto

17 08 02 Materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01.

17 09 04 Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03.

18 01 01 Objectos cortantes e perfurantes (excepto 18 01 03).

18 01 02 Partes anatómicas e órgãos, incluindo sacos de sangue e sangue conservado (excepto 18 01 03).

18 01 04 Resíduos cujas recolha e eliminação não estão sujeitas a requisitos específicos tendo em vista a prevenção de infecções (por exemplo, pensos, compressas, ligaduras, gessos, roupas, vestuário descartável, fraldas).

18 01 07 Produtos químicos não abrangidos em 18 01 06.

18 01 09 Medicamentos não abrangidos em 18 01 08.

- 18 02 01 Objectos cortantes e perfurantes (excepto 18 02 02).
- 18 02 03 Resíduos cujas recolha e eliminação não estão sujeitas a requisitos específicos tendo em vista a prevenção de infecções.
- 18 02 06 Produtos químicos não abrangidos em 18 02 05.
- 18 02 08 Medicamentos não abrangidos em 18 02 07.
- 19 01 02 Materiais ferrosos removidos das cinzas.
- 19 01 12 Cinzas e escórias não abrangidas em 19 01 11.
- 19 01 14 Cinzas volantes não abrangidas em 19 01 13.
- 19 01 16 Cinzas de caldeiras não abrangidas em 19 01 15.
- 19 01 18 Resíduos de pirólise não abrangidos em 19 01 17.
- 19 01 19 Areias de leitos fluidizados.
- 19 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 19 02 03 Misturas de resíduos contendo apenas resíduos não perigosos.
- 19 02 06 Lamas de tratamento físico-químico não abrangidas em 19 02 05.
- 19 02 10 Resíduos combustíveis não abrangidos em 19 02 08 e 19 02 09.
- 19 02 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 19 03 05 Resíduos estabilizados não abrangidos em 19 03 04.
- 19 03 07 Resíduos solidificados não abrangidos em 19 03 06.
- 19 04 01 Resíduos vitrificados.
- 19 04 04 Resíduos líquidos aquosos da têmpera de resíduos vitrificados.
- 19 05 01 Fracção não compostada de resíduos urbanos e equiparados.
- 19 05 02 Fracção não compostada de resíduos animais e vegetais.
- 19 05 03 Composto fora de especificação.
- 19 05 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 19 06 03 Licores do tratamento anaeróbio de resíduos urbanos e equiparados.
- 19 06 04 Lamas e lodos de digestores de tratamento anaeróbio de resíduos urbanos e equiparados.
- 19 06 05 Licores do tratamento anaeróbio de resíduos animais e vegetais.
- 19 06 06 Lamas e lodos de digestores de tratamento anaeróbio de resíduos animais e vegetais.
- 19 06 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 19 07 03 Lixiviados de aterros não abrangidos em 19 07 02.
- 19 08 01 Gradados.
- 19 08 02 Resíduos do desarmenamento.
- 19 08 05 Lamas do tratamento de águas residuais urbanas.

- 19 08 09 Misturas de gorduras e óleos, da separação óleo/água, contendo apenas óleos e gorduras alimentares.
- 19 08 12 Lamas do tratamento biológico de águas residuais industriais não abrangidas em 19 08 11.
- 19 08 14 Lamas de outros tratamentos de águas residuais industriais não abrangidas em 19 08 13.
- 19 08 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 19 09 01 Resíduos sólidos de gradagens e filtração primária.
- 19 09 02 Lamas de clarificação da água.
- 19 09 03 Lamas de descarbonatação. 19 09 04 Carvão activado usado.
- 19 09 05 Resinas de permuta iónica, saturadas ou usadas.
- 19 09 06 Soluções e lamas da regeneração de colunas de permuta iónica.
- 19 09 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 19 10 01 Resíduos de ferro ou aço.
- 19 10 02 Resíduos não ferrosos.
- 19 10 04 Fracções leves e poeiras não abrangidas em 19 10 03.
- 19 10 06 Outras fracções não abrangidas em 19 10 05.
- 19 11 06 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 19 11 05.
- 19 11 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.
- 19 12 01 Papel e cartão.
- 19 12 02 Metais ferrosos.
- 19 12 03 Metais não ferrosos.
- 19 12 04 Plástico e borracha.
- 19 12 05 Vidro.
- 19 12 07 Madeira não abrangida em 19 12 06.
- 19 12 08 Têxteis.
- 19 12 09 Substâncias minerais (por exemplo, areia, rochas).
- 19 12 10 Resíduos combustíveis (combustíveis derivados de resíduos).
- 19 12 12 Outros resíduos (incluindo misturas de materiais) do tratamento mecânico de resíduos não abrangidos em 19 12 11
- 19 13 02 Resíduos sólidos da descontaminação de solos não abrangidos em 19 13 01.
- 19 13 04 Lamas da descontaminação de solos não abrangidas em 19 13 03.
- 19 13 06 Lamas da descontaminação de águas freáticas não abrangidas em 19 13 05.

19 13 08 Resíduos líquidos aquosos e concentrados aquosos da descontaminação de águas freáticas não abrangidos em 19 13 07.

20 01 01 Papel e cartão.

20 01 02 Vidro.

20 01 08 Resíduos biodegradáveis de cozinhas e cantinas.

20 01 10 Roupas.

20 01 11 Têxteis.

20 01 25 Óleos e gorduras alimentares.

20 01 28 Tintas, produtos adesivos, colas e resinas não abrangidos em 20 01 27.

20 01 30 Detergentes não abrangidos em 20 01 29.

20 01 32 Medicamentos não abrangidos em 20 01 31.

20 01 34 Pilhas e acumuladores não abrangidos em 20 01 33.

20 01 36 Equipamento eléctrico e electrónico fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35.

20 01 38 Madeira não abrangida em 20 01 37.

20 01 39 Plásticos.

20 01 40 Metais.

20 01 41 Resíduos da limpeza de chaminés.

20 01 99 Outras fracções não anteriormente especificadas.

20 02 01 Resíduos biodegradáveis.

20 02 02 Terras e pedras.

20 02 03 Outros resíduos não biodegradáveis.

20 03 01 Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos.

20 03 02 Resíduos de mercados.

20 03 03 Resíduos da limpeza de ruas.

20 03 04 Lamas de fossas sépticas.

20 03 06 Resíduos da limpeza de esgotos.

20 03 07 Monstros.

20 03 99 Resíduos urbanos e equiparados não anteriormente especificados.



## Anexo C

### Procedimento experimental conforme a norma CEN/TS 15414-2

#### Combustíveis derivados de resíduos – Determinação do teor de humidade da mistura

##### Material

- Tabuleiro inox
- Balança (precisão 0,1g)
- Estufa (105±2°C)

##### Procedimento

1. Pesar o tabuleiro de inox (se necessário calibrar a balança);
2. Pesar (no mínimo) 300 gramas da amostra previamente recolhida;
3. Secar na estufa a 105°C durante 60 min;
4. Pesar tabuleiro após secagem (não demorar mais de 10/15s);
5. Repetir a secagem (procedimento 3 e 4) até  $\Delta\text{massa} < 0,2\%$

##### Cálculo do teor de humidade

$$\text{Humidade } [\%] = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

Com,

$m_1$  = massa do tabuleiro, em gramas

$m_2$  = massa do tabuleiro + amostra, em gramas

$m_3$  = massa do tabuleiro + amostra após estufa, em gramas

## **Anexo D**

### **Procedimento experimental conforme a norma CEN/TS 15400**

#### **Combustíveis derivados de resíduos – Determinação do Poder Calorífico (PCS)**

##### **Material**

- Moinho;
- Balança (precisão 0,0001g);
- Balança (precisão 0,1g);
- Calorímetro;
- Bomba de combustão;
- Cadinho de metal;
- Fio rastilho;
- Pastilhas de ácido Benzoico (calibração/auxiliar de combustão)
- Pellet press.

##### **Procedimento**

1. Moer a amostra de CDR sem humidade e em equilíbrio com a atmosfera do laboratório até 1,0mm;
2. Formação do pellet;
3. Pesar o pellet formado (pellet com 0,7 a 0,9g);
4. Introduzir o cadinho na balança, tarar, e pesar o pellet anteriormente formado;
5. Prender o fio rastilho à parte superior da bomba de combustão;
6. Inserir o cadinho com o pellet na parte superior da bomba de combustão, tendo o cuidado de pôr o rastilho em contacto com o pellet (adicionar auxiliar de combustão caso necessário);
7. Adicionar 10 ml de KOH na parte inferior da bomba de combustão (Este passo pode ser anulado se só for pretendido o valor de PCS; KOH é usado como solução de captação de Cl);
8. Introduzir a parte superior da bomba de combustão na parte inferior e fechar a mesma;

9. Verificar se a válvula de escape de gases está devidamente fechada;
10. Injetar  $O_2$  a 30 atm na bomba;
11. Pesar 2kg de água destilada no balde do calorímetro;
12. Introduzir a bomba no balde com a água anteriormente pesada com o auxílio das garras, tendo o cuidado de perder a menor massa de água possível;
13. Colocar os elétrodos em contacto com a bomba de combustão tendo o cuidado de não tocar na água;
14. Fechar o calorímetro e iniciar a combustão;
15. Registrar o valor de PCS obtido no final da combustão;
16. Abrir o calorímetro e retirar a bomba de combustão (sempre com auxílio das garras);
17. Aliviar a pressão da bomba para deixar sair os gases de combustão;
18. Abrir a bomba de combustão e analisar a existência ou não de restos de amostra (combustão completa/incompleta);
19. Lavar o interior da bomba de combustão com água destilada para o interior dum copo para posterior análise do cloro.
20. Limpar a bomba para futura utilização.

### **Calibração**

1. Introduzir o cadinho na balança, tarar, e pesar a pastilha de ácido benzoico;
2. Prender o fio rastinho à parte superior da bomba de combustão;
3. Inserir o cadinho com a pastilha de ácido benzoico na parte superior da bomba de combustão, tendo o cuidado de pôr o rastinho em contacto com a pastilha;
4. Introduzir a parte superior da bomba de combustão na parte inferior e fechar a mesma;
5. Verificar se a válvula de escape de gases está devidamente fechada;
6. Injetar  $O_2$  a 30 atm na bomba;
7. Pesar 2kg de água destilada no balde do calorímetro;
8. Introduzir a bomba no balde com a água anteriormente pesada com o auxílio das garras, tendo o cuidado de perder a menor massa de água possível;

9. Colocar os elétrodos em contacto com a bamba de combustão tendo o cuidado de não tocar na água;
  10. Fechar o calorímetro e iniciar a combustão;
  11. Registrar o valor de PCS obtido no final da combustão;
  12. Abrir o calorímetro e retirar a bomba de combustão (sempre com auxílio das garras);
  13. Aliviar a pressão da bomba para deixar sair os gases de combustão;
  14. Abrir a bomba de combustão e analisar a existência ou não de restos de amostra (combustão completa/incompleta);
  15. Lavar o interior da bomba de combustão com água destilada para o interior dum copo para posterior análise.
  16. Limpar a bomba para futura utilização.
- Repetir o procedimento 10 vezes seguidas.

## Anexo E

### Procedimento experimental conforme a norma CEN/TS 15408

#### Combustíveis derivados de resíduos – Determinação do Cloro (Cl)

##### Material

- Bureta;
- Balão de 100 ml;
- Copo de 250 ml;
- Esguicho de água destilada;
- Pipeta volumétrica de 50 ml /10 ml;

##### Reagentes

- $\text{AgNO}_3$  (titulante);
- $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (indicador titulação);
- $\text{NaOH}$  (acerto de pH);
- Fenolftaleína (indicador acerto pH).

##### Procedimento

1. Recolher o conteúdo da bomba para um copo;
2. Lavar o interior da bomba com água destilada e juntar ao conteúdo já recolhido;
3. Recolher a amostra para um balão de 100 ml e perfazer com água destilada;
4. Retirar da solução acima preparada 10 ml para um copo;
5. Adicionar algumas gotas de fenolftaleína;
6. Acertar o pH com  $\text{NaOH}$  (quando o indicador fenolftaleína passar de incolor a rosa indica o acerto de pH indicado);
7. Pipetar 50 ml para um copo e acertar o pH (5X o número de gotas usadas no passo anterior);
8. Adicionar algumas gotas de indicador  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ;
9. Titular com  $\text{AgNO}_3$ ;
10. Registar o volume de  $\text{AgNO}_3$  gasto;
11. Calcular a concentração/percentagem de Cl presente na amostra.

##### Cálculos:

$$C_{Cl} \left[ \frac{g}{L} \right] = \frac{V_{AgNO_3} [mL] \times C_{AgNO_3} \left[ \frac{mol}{L} \right] \times M_{Cl} \left[ \frac{g}{mol} \right]}{V_{titulado} [mL]}$$

$$\%Cl = \frac{C_{Cl} \left[ \frac{g}{L} \right] \times V_{amostra} [L]}{M_{amostra} [g]}$$

## Anexo F

#	Descrição	Cloro (%m/m)
1	Material Compósito com Película Polimérica (Indústria Automóvel)	12,6
2	Granulado de Plástico (Indústria da reciclagem de plástico)	12,7
3	Isolamento de Cabos Eléctricos (Indústria Automóvel)	12,7
4	Toalha de Cozinha (Indústria de PVC)	25,0
5	Espuma Negra (Indústria Automóvel)	17,4
6	Resíduos de Embalagens (Indústria Agro-Química)	1,6
7	Material Compósito com Película Polimérica (Indústria Automóvel)	22,4
8	Isolamento de Cabos Eléctricos Triturado	25,4
9	Material Compósito com Película Polimérica – várias configurações (Indústria Automóvel)	16,5
10	Fita Plástica - tipo embrulho	44,9
11	Napa Sintética	4,3
12	Molas Plásticas	48,0
13	Perfis de Borracha Isolante	18,0
14	Material Compósito (Indústria do Calçado)	2,0
15	Perfis de Plástico Negro	40,7
16	Luvas de Borracha Resistentes	17,5
17	Isolamento de Cabos Eléctricos Triturado	5,9

#	Descrição	Cloro (%m/m)
18	Napa Sintética Negra (Indústria do Calçado)	21,4
19	Perfil de Plástico Azul - suporte de vidro	42,0
20	Isolamento de Cablagem Eléctrica	8,9
21	Tubo Plástico - PVC	41,8
22	Esponja Negra (Indústria Automóvel)	12,2
23	Plástico Rígido Branco	36,5
24	Revestimento Plástico de Pavimentos	54,8
25	Fibras Sintéticas Coloridas	35,5
26	Napa Sintética - Revestimento de Sofás	17,3
27	Tubo PVC	40,5
28	Aparas Plásticas do Revestimento de Estruturas Metálicas (Indústria Metalomecânica)	46,7
29	Aparas Plásticas do Revestimento de Estruturas Metálicas (Indústria Metalomecânica)	5,4
30	Mangueiras Plásticas (Indústria de Produção de Plásticos)	32,6
31	Granulado de Plástico (Indústria de Produção de Plásticos)	2,4
32	Granulado de Plástico (Indústria de Produção de Plásticos)	51,1
33	Apoio de Cabides de Roupa (Comércio)	3,4
34	Fitas de Madeira com Revestimento Plástico (Indústria da Madeira)	31,2
35	Material Compósito com Película Polimérica (Indústria do Calçado)	14,5
36	Papel de Serigrafia	15,3
37	Mangueiras Plásticas	12,6
38	Mangueiras Plásticas	31,5
39	Tubagem de Sistemas de Pressão	30,5
40	Tubagem de Sistemas de Pressão	26,1
41	Embalagens de PVC em pó (Indústria de Plásticos)	9,7
42	Material Compósito – Papel com Revestimento Sintético	5,1
43	Material Plástico Colorido	42,0

#	Descrição	Cloro (%m/m)
44	Plástico Rígido Branco	51,6
45	Cartões tipo Bancário	41,2
46	Revestimento Sintético de Pavimentos	5,9
47	Revestimento Sintético de Pavimentos	12,4
48	Papel de Pintura (Indústria Automóvel)	1,6
49	Película Plástica	27,2
50	Plástico Compósito	23,9
51	Plástico Preto	49,8
52	Plástico Compósito	24,0
53	Plástico Cinzento	28,1
54	Plástico Compósito	32,6
55	Plástico Compósito	28,4
56	Têxtil Negro	4,6
57	Fitas Plásticas Azuis	8,5
58	Fitas de Borracha	1,9
59	Calha Técnica	49,8
60	Tubagem - PVC	33,9
61	Película Polimérica Transparente	52,0
62	Calha Técnica	41,7
63	Blisters	51,5
64	Tela Plástica	20,9
65	Revestimento Sintético de Pavimentos	22,9
66	Estores - PVC	38,8
67	Calha Eléctrica	44,4
68	Embalagem Plástica	50,5
69	Revestimento Compósito Azul	15,7



#	D	Cloro (%m/m)
70	Espuma Branca (Indústria Calçado)	7,9
71	Material Compósito (Indústria Calçado)	6,8
72	Lona Sintética	26,1
73	Placa de Sinalização Fotoluminescente	36,5 e 0,1 (dependendo da superfície)
74	Cartaz Plástico (Publicidade)	39,6 e 0,0 (dependendo da superfície)
75	Espuma (Indústria Automóvel)	17,7 e 1,5 (dependendo da superfície)
76	Plástico Translúcido (Publicidade)	50,5
77	Lona Sintética (Publicidade)	24,5
78	Lona Sintética	28,8
79	Impermeável	11,8
80	Bota de Borracha	17,8
81	Material Compósito (Indústria Automóvel)	10,2
82	Material de isolamento (Indústria Automóvel)	4,9
83	Estores - PVC	47,8
84	Revestimento de piso sintético	36,4
85	Revestimento de piso sintético	11,2
86	Revestimento de piso sintético azul	12,2
87	Rodapé - borracha	19,3
88	Revestimento de piso sintético branco	9,6
89	K-Line	41,8
90	Placard Publicitário	37,5

#	Descrição	Cloro (%m/m)
91	Plástico - painéis de informação de preços em superfícies comerciais	25,3
92	Poliuretano - coberturas/ isolamentos	0,9
93	Napa sintética	28,6
94	Película Plástica de Papel Autocolante (Publicidade)	42,4
95	Película Plástica de papel autocolante (Publicidade)	36,4
96	Plástico isolante (Indústria de Madeiras)	48,7
97	Cartaz plástico (Publicidade)	31,7
98	Lona sintética	31,6
99	Cartaz de Papel Plastificado (Publicidade)	43,0
100	Painel Plástico (Publicidade)	43,5
101	Plástico - Cortina	45,7
102	Plástico de expositor (Publicidade)	47,1
103	Painel Plástico (Publicidade)	44,2
104	Cartaz de Papel Plastificado (Publicidade)	33,7
105	Painel Plástico (Publicidade)	14,7
106	Poliuretano - coberturas/ isolamentos	3,3
107	Forros (Indústria Automóvel)	21,6
108	Purga de Plástico (Indústria de Plásticos)	1,0
109	Blisters	39,9
110	Forros de Tabliers (Indústria Automóvel)	16,6
111	Forros de Tabliers (Indústria Automóvel)	30,8
112	Cortina de Escritório	8,8
113	Poliuretano - coberturas/ isolamentos	1,3
114	Material usado em embarcações (Indústria Náutica)	29,0
115	Materiais utilizados em fitas isoladoras de electricidade	1,9
116	Materiais utilizados em fitas isoladoras de electricidade	4,4

#	Descrição	Cloro (%m/m)
117	Material plástico - separação de várias câmaras frigoríficas (Indústria Pesqueira)	15,4
118	Telas impermeáveis (Indústria Têxtil)	14,7
119	Telas impermeáveis (Indústria Têxtil)	20,3
120	Telas impermeáveis (Indústria Têxtil)	10,9
121	Embalagens multicamada (Indústria Alimentar)	2,0
122	Embalagens multicamada (Indústria Alimentar)	2,1
123	Lona plástica	12,2
124	Lona plástica	23,7
125	Plástico - precário supermercado	80,0

## Anexo G

	includedProcesses	generalComment
12010	O processo inclui o uso de corrente elétrica de alimentação aos motores que acionam a ponte com garra e a construção/desgaste do equipamento.	Todo o material recebido é sujeito a transporte para o triturador primário. Não há refugos. (Nota: ocasionalmente há desvio de RI para processamento externo: materiais metálicos, materiais inertes, etc.)

### Unit Process Raw Data

Ponte com garra								
number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,081	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,081	5	
631	electricity	production mix	electricity, medium voltage, production PT, at grid	PT	kWh	0,875	5	
12010	Waste Management	Production of SRF	Ponte com garra	PT	ton	1,0		0

	includedProcesses	generalComment
12020	O processo inclui o uso de corrente elétrica de alimentação aos motores que acionam a corrente de transporte (tela transportadora) e a construção/desgaste do equipamento.	Todo o material recebido é sujeito a transporte para o triturador primário. Não há refugos.

## Unit Process Raw Data

## Corrente transportadora

number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,006	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,006	5	
631	electricity	production mix	electricity, medium voltage, production PT, at grid	PT	kWh	0,385	5	
12020	Waste Management	Production of SRF	Corrente transportadora	PT	ton	1,0		0

	includedProcesses	generalComment
12030	O processo inclui o uso do triturador primário, alimentação aos motores que accionam a máquina e a construção/desgaste do equipamento e componentes.	Todo o material recebido é sujeito a uma pré trituração e encaminhado para o trommel. Não há refugos.

#### Unit Process Raw Data

##### Trituração primária

number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,032	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,032	5	
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,002	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,002	5	
631	electricity	production mix	electricity, medium voltage, production PT, at grid	PT	kWh	11,2	5	
12100	Waste Management	Selective waste	Sucata metálica para valorização	PT	ton	0,010		4
12030	Waste Management	Production of SRF	Trituração primária	PT	ton	1,0		0

	includedProcesses	generalComment
12040	O processo inclui o uso do trommel, alimentação aos motores que acionam a máquina e a construção/desgaste do equipamento e componentes.	Todo o material recebido é sujeito a uma crivagem e encaminhado para a fase seguinte. Há geração de refugos.

## Unit Process Raw Data

## Crivagem

number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,048701299	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,048701299	5	
631	electricity	production mix	electricity, medium voltage, production PT, at grid	PT	kWh	2,625	5	
	waste management	waste management	Refugo da crivagem	PT	ton	0,1		4
12040	Waste Management	Production of SRF	Crivagem	PT	ton	1,0		0

	includedProcesses	generalComment
12050	O processo inclui o uso do classificador de ar, alimentação aos motores que acionam a máquina e a construção/desgaste do equipamento e componentes.	Todo o material recebido é sujeito a uma separação mássica e encaminhado para a fase seguinte. Há geração de refugos.

#### Unit Process Raw Data

##### Separação de fases

number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,113636364	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,113636364	5	
631	electricity	production mix	electricity, medium voltage, production PT, at grid	PT	kWh	3,5	5	
	waste management	waste management	Refugo da crivagem	PT	ton	0,19		4
12100	Waste Management	Selective waste	Sucata metálica para valorização	PT	ton	0,01		4
12050	Waste Management	Production of SRF	Separação de fases	PT	ton	1,0		0



	includedProcesses	generalComment
12060	O processo inclui o uso do triturador secundário, alimentação aos motores que accionam a máquina e a construção/desgaste do equipamento e componentes.	Todo o material recebido é sujeito a uma separação massica e encaminhado para a fase seguinte. Não há geração de refugos.

## Unit Process Raw Data

## Trituração secundária

number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,12987013	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,12987013	5	
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	0,016666667	5	
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,016666667	5	
631	electricity	production mix	electricity, medium voltage, production PT, at grid	PT	kWh	28,8	5	
12060	Waste Management	Production of SRF	Trituração secundária	PT	ton	1,0		0

	includedProcesses	generalComment
12080	Utilização da pá carregadora para organização do produto no armazém de expedição e carregamento dos camiões.	Admitido que a máquina apenas trabalha 0,42h efetivas/ h trabalho

#### Unit Process Raw Data

##### Pá Carregadora

number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1942	transport systems	road	transport, lorry 20-28t, fleet average	CH	vkm	2,142857143	5	
12080	transport systems	road	Pá Carregadora	PT	ton	1		0

	includedProcesses	generalComment
	O processo inclui apenas o transporte.	Transporte por estrada em camião desde Valongo até à cimenteira de Souselas.
12090		

## Unit Process Raw Data

## Transporte em camião

number10	category11	subCategory12	name15	location16	unit17	meanValue	ns1:inputGroup	ns1:outputGroup
1921	transport systems	road	transport, lorry 20-28t, fleet average	CH	vkm	13,5	4	
12090	transport systems	road	Transporte em camião	PT	ton	1		0